ADT-CNC4322

车床控制系统

用 户 手 册

编程篇

Motion Control Total Solution

深圳市众为兴数控技术有限公司

地址:深圳市南山区马家龙 36 栋 5 楼　　邮编:518052

电话:0755-26722719（20 线）　　传真:0755-26722718

版权声明

本手册的所有部分，著作财产权归深圳市众为兴数控技术有限公司（以下简称众为兴）所有，未经众为兴许可，任何单位或个人不可任意仿制、拷贝、撰抄或转译。本手册无任何形式的担保、立场表达或其它暗示。如有本手册或其所提到的产品的信息，所引起的直接或间接的资料流出，利益损失或事业终止，众为兴及其所属员工不承担任何责任。除此以外，本手册提到的产品及其资料仅供参考，内容如有更新，恕不另行通知。

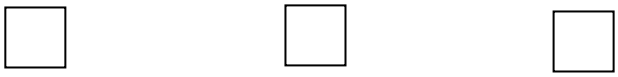
版权所有，不得翻印。

深圳市众为兴数控技术有限公司

版本升级说明

项目号	版本号	修改日期	说明
XT20070102	2.0	2008/10/06	第二版

备注:版本号中三位数字含义如下:



库主版本号　　库次版本号　　保留

备注:

1、 深圳市众为兴数控技术有限公司已经对本手册进行了严格仔细的校勘和核对，但我们不能保证本手册完全没有任何错误和疏落。

2、 深圳市众为兴数控技术有限公司致力于不断改进产品功能、提高服务质量，因此保留对本手册中所描述的任何产品和软件程序以及本手册的内容进行更改而不预先另行通知的权利。

目　录

系统简介 - 4 -

系统编程 - 5 -

第 1 章 编程基础 - 5 -
1. 数控加工概述 - 5 -
2. 编程的基本知识 - 6 -
3. 程序的构成 - 8 -
第 2 章 M S F T 指令 - 12 -
1 辅助功能（M 指令） - 12 -
2. 主轴功能（S 指令） - 16 -
3. 快速移动和进给功能（F 指令） - 18 -
4. 刀补功能（T 指令） - 21 -
第 3 章 G 指令 - 24 -
1. 概述 - 24 -
2. 快速移动G00 - 26 -
3. 直线插补G01 - 27 -
4. 圆弧插补G02、G03 - 27 -
5. 暂停指令G04 - 29 -
6. 返回机械零点G28 - 29 -
7. 螺纹切削指令G32 - 30 -
8. Z 轴攻丝循环 G33 - 32 -
9. 工件坐标系设定G50 - 33 -
10. 固定循环指令 - 34 -
11. 多重循环指令 - 40 -
第 4 章 宏指令 - 60 -
1. 宏变量 - 60 -
2. 运算指令和转移指令G65 - 60 -

系统简介

CNC4322 是我公司研制的普及型车床数控系统，作为经济型数控系统的升级换代产品，CNC4322 具有以下技术特点：

- 采用32 位CPU、硬件插补技术，实现高速μm 级控制；
- 液晶（LCD）中文显示，界面友好、操作方便；
- 加减速可调，可配套步进驱动器或伺服驱动器；
- 可变电子齿轮比，应用方便；
- 界面显示刷新速度快；
- 文件存储空间大：256M,可以存储 9999 个程序文件；
- 宏功能支持浮点数运算。

系统编程

第 1 章 编程基础

1.数控加工概述

数控机床由数控系统（Computer Numerical Controler 简称 CNC）、伺服电机（或步进电机）驱动装置、 机床(包括主轴箱、进给传动机构、工作台、刀座、电控柜……)等部分组成。用户编辑的零件程序经过 CNC 处理后，发出运动指令和控制指令，运动指令通过电机驱动装置驱动机床的进给运动，控制指令实现主轴启停、刀具选择、冷却、润滑等控制。通过刀具和工件的相对运动，实现零件的切削加工。

数控编程就是把零件的外形尺寸、加工工艺过程、工艺参数、刀具参数等信息，按照数控系统专用的编程指令编写零件加工程序的过程。数控加工就是数控系统按零件加工程序的要求，控制机床完成零件加工的流程。数控机床的工作原理如下图，数控加工的工艺流程如下图。

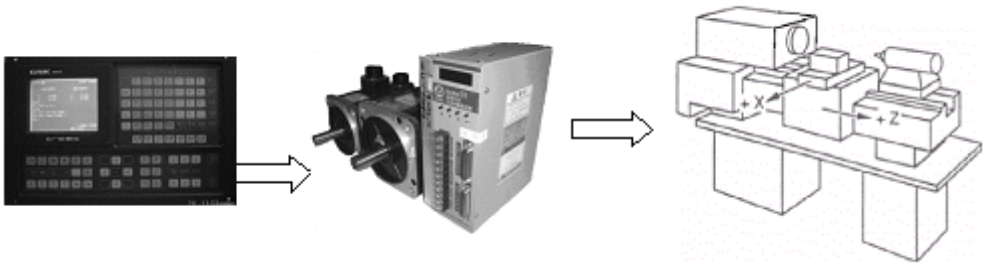


图 1-1-1 数控机床的工作原理

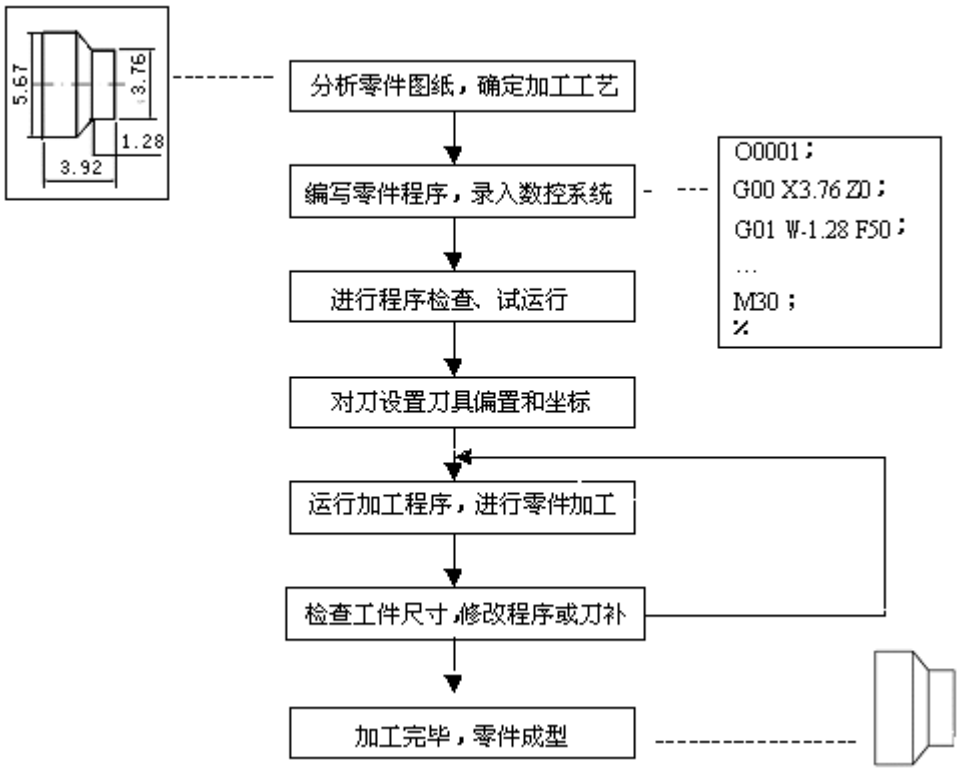


图 1-1-2 数控加工的工艺流程图

2.编程的基本知识

2．1 坐标轴定义

如图 1-2-1 为数控车床示意图

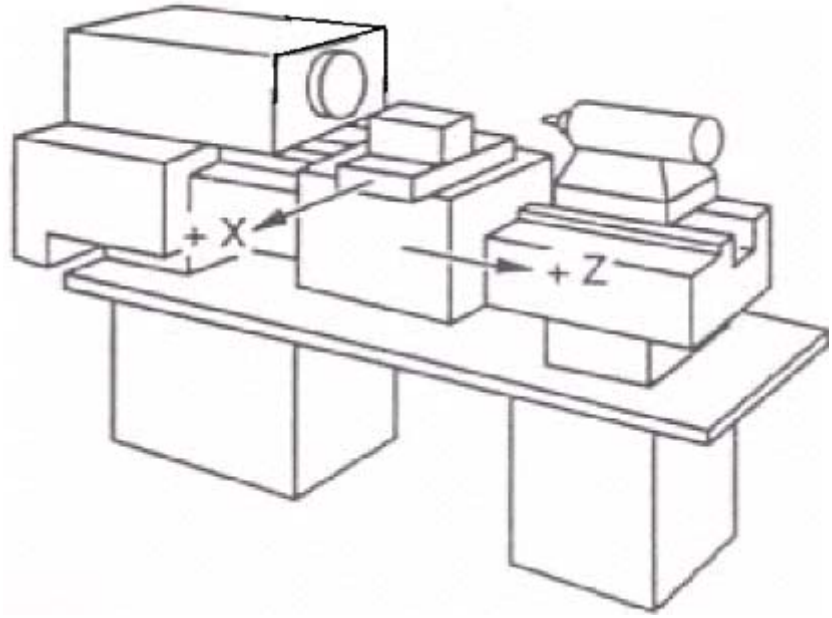


图 1-2-1

本系统使用 X 轴、Z 轴组成的直角坐标系，X 轴与主轴轴线垂直，Z 轴与主轴轴线方向平行，接近工件的方向为负方向，离开工件的方向为正方向。

按刀座与机床主轴的相对位置划分，数控车床有前刀座和后刀座，相同的编程指令在前刀座和后刀座中运动轨迹是不同的，本系统可用于前刀座和后刀座数控车床。从下图可以看出，前、后刀座坐标系的X方向正好相反，而Z方向是相同的。本书在以后的图示和例子中，用前刀座坐标系来说明编程的应用。

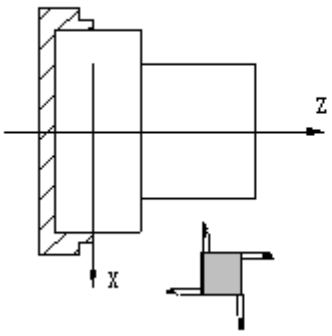


图1-2-2 前刀座的坐标系

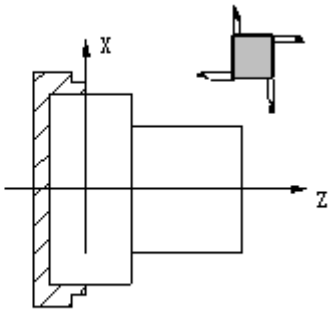


图1-2-3 后刀座的坐标系

2.2 机床坐标系和机械零点

机床坐标系是CNC进行坐标计算的基准坐标系，是机床固有的坐标系，机床坐标系的原点称为机械参考点或机械零点。机械零点由安装在机床上的零点开关或回零开关决定，通常零点开关或回零开关安装在X轴和Z轴正方向的最大行程处。进行机械回零操作，回到机械零点后，系统将当前机床坐标设为零，建立了以当前位置为坐标原点的机床坐标系。

注：如果车床上没有安装零点开关，不得进行机械回零操作。

2.3 工件坐标系和程序零点

工件坐标系是为了方便编程在零件图纸上设定的直角坐标系，又称浮动坐标系。当零件装夹到机床上后， 根据刀具与工件的相对位置用 G50 指令设置刀具当前位置的绝对坐标，从而在系统中建立了工件坐标系。刀具当前位置称为程序零点，执行程序回零操作后就回到此位置。通常工件坐标系的 Z 轴与主轴轴线重合，X 轴位于零件的首端或尾端。工件坐标系一旦建立便一直有效，直到被新的工件坐标系所取代。

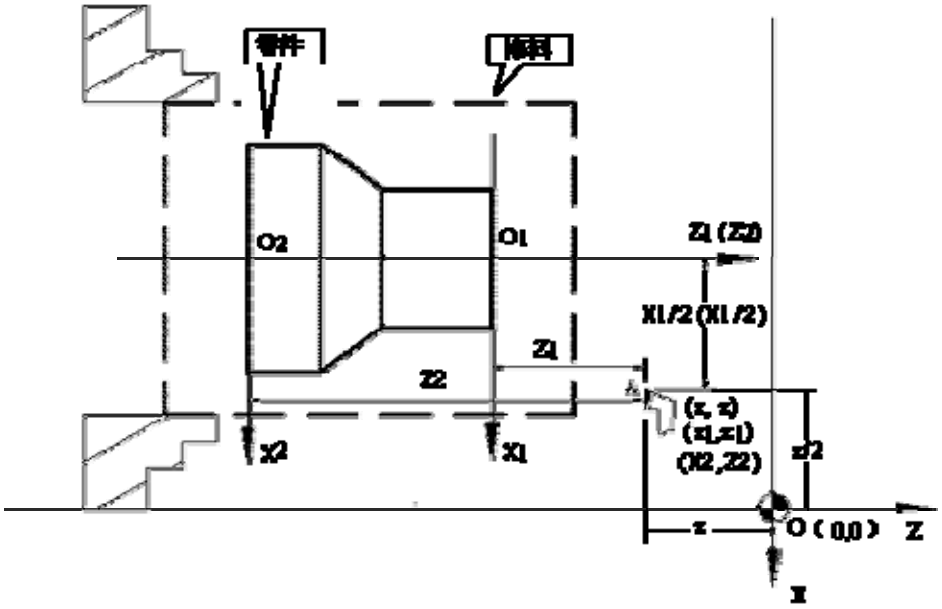


图1-2-4

图中，XOZ 为机床坐标系，$X_1O_1Z_1$为 X 坐标轴在工件首端的工件坐标系，$X_2O_2Z_2$ 为 X 坐标轴在工件尾端的工件坐标系，O为机械零点，A为刀尖，A在上述三坐标系中的坐标如下：

A点在机床坐标系中的坐标为(X,Z)；

A点在$X_1O_1Z_1$ 坐标系中的坐标为(X_1, Z_1)；

A点在$X_2O_2Z_2$ 坐标系中的坐标为(X_2, Z_2)；

2.4 插补功能

插补是指控制2个或多个轴同时运动，运动合成的轨迹符合确定的数学关系，构成二维（平面）或三维（空间）的轮廓，插补也称为轮廓控制。插补时控制的运动轴称为联动轴，联动轴的移动量、移动方向和移动速度在整个运动过程中同时受控，以形成需要的合成运动轨迹。

只控制1轴或多轴的运动终点，不控制运动过程中的运动轨迹，这种运动控制方式称为点位控制。

本系统的X轴和Z轴为联动轴，属于2轴联动数控系统。本系统具有直线、圆弧和螺纹插补功能

直线插补：X轴和Z轴的合成运动轨迹为从起点到终点的一条直线。

圆弧插补：X轴和Z轴的合成运动轨迹为圆弧，半径由R指定、或圆心由I、K指定，从起点到终点的圆弧。

螺纹插补：X轴、Z轴或两轴的运动与主轴的旋转运动插补，F、I 指令值给定螺纹的螺距（F为公制、I 为英制）螺距是指螺纹切削过程中移动距离较长的轴（X轴或 Z轴）在主轴旋转一周时的移动量（无符号）。本系统可加工公制和英制的直螺纹、锥螺纹、端面螺纹，机床必须安装主轴编码器才能加工螺纹。(系统推荐使用1024线的编码器)

2.5 绝对坐标编程和相对坐标编程

编程时指定轨迹终点位置有两种表示方法：

第一种，轨迹终点的位置用绝对坐标表示称为绝对坐标编程（指令地址使用X、Z）。

第二种，轨迹终点的位置用终点相对于起点的坐标差表示称为相对坐标编程（指令地址使用U、W），相对坐标为负值表示沿坐标轴负向运行，相对坐标为正值表示沿坐标轴正向运行。

本系统允许在同一程序段中轨迹终点的位置一个轴使用绝对坐标表示，另一个轴使用相对坐标表示，这种编程方法称为混合编程。

示例：A→B直线插补。（如图2-1-8）

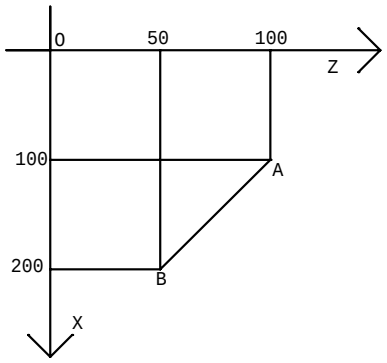


图1-2-5

绝对坐标编程：G01 X200 Z50 ；
相对坐标编程：G01 U100 W-50；
混合坐标编程：G01 X200 W-50 ；或G01 U100 Z50 ；

注：当一个程序段中同时有指令地址X、U或同时有指令地址Z、W 时系统报警，停止运行程序。
例如：G50 X10. Z20.
G01 X20. W30. U20. Z30.【此时系统报警】

3.程序的构成

为了完成零件的自动加工，用户需要按照数控系统的指令格式编写零件程序（简称程序）。数控系统执行程序完成机床进给运动、主轴起停、刀具选择、冷却、润滑等控制，从而实现零件的加工。

示例：

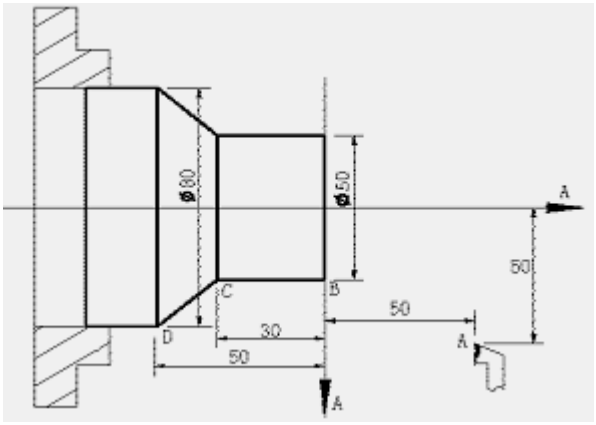


图1-3-1

```
O0001  ;                  （程序名）
G0 X100 Z50;              （快速定位至A点）
M12;                      （夹紧工件）
T0101;                    （换1号刀执行1 号刀偏）
M3 S600;                  （启动主轴，置主轴转速600转/分钟）
 M8                       （开冷切液）
G1 X50 Z0 F600;           （以600mm/min 速度靠近B 点）
W-30 F200;                （从B 点切削至C 点）
X80 W-20 F150;            （从C 点切削至D 点）
G0 X100 Z50;              （快速退回A 点）
T0100;                    （取消刀偏）
M5 S0;                    （停止主轴）
M9;                       （关冷切液）
M13;                      （松开工件）
M30;                      （程序结束，关主轴、冷却液）
%
```

执行完上述程序，刀具将走出A→B→C→D→A 的轨迹。

3.1 程序的一般结构

程序是由以“OXXXX”(程序名）开头、以“%”号结束的若干行程序段构成的，程序段是由以程序段号开始（可省略）、以“;”或“*”结束的若干个指令字构成。程序的一般结构如下图1-3-2 所示

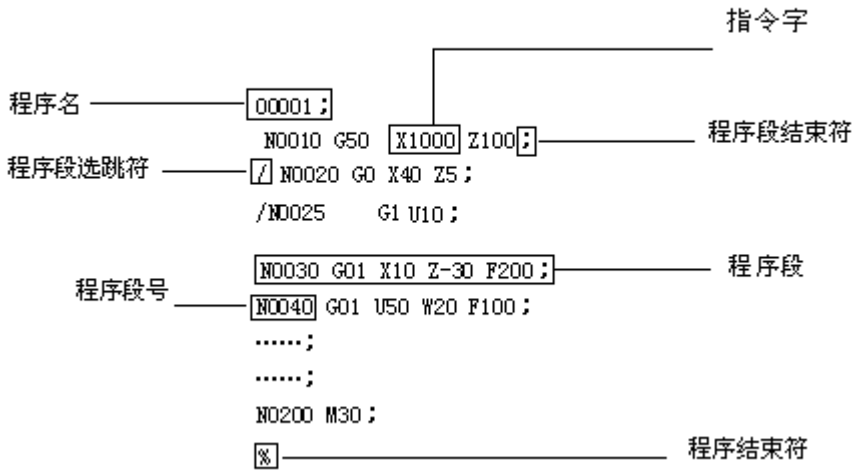


图 1-3-2 程序的一般结构

1） 程序名

本系统最多可以存储9999个程序，为了识别区分各个程序，在每个程序的开始都有由指令地址O及其后的四位数字构成的程序名，各个程序的程序名不允许重复。

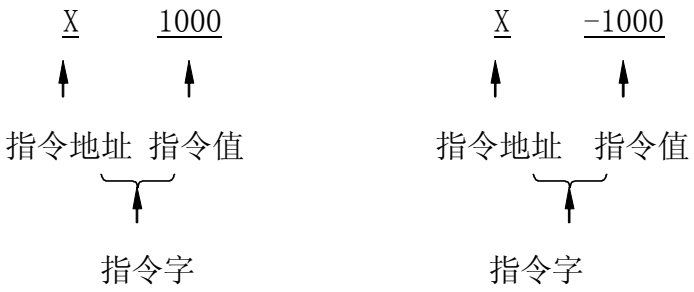
○ □□□□

└──── 程序号（0000～9999，前导零可省略）

└──── 指令地址 O

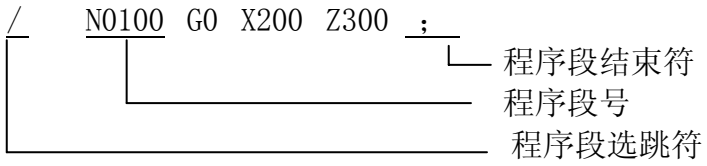
2） 指令字

指令字是用于命令数控系统完成控制功能的基本指令单元，指令字由一个英文字母（称为指令地址）和其后的数值（称为指令值，为有符号数或无符号数）构成。指令地址规定了其后指令值的意义，在不同的指令字组合情况下，同一个指令地址可能有不同的意义。



3） 程序段选跳符、程序段号和程序段

程序包含若干个程序段，程序是以程序段为单位执行的，通常一个程序段执行完才能执行下一个程序段。 程序段之间用字符“；”或“*”分开，本手册中用“；”表示。程序段是以程序段号开始、以“；”或“*” 结尾、由若干个指令字构成的，示例如下：程序段前可以有“/”符号，称为程序段选跳符



4） 程序段号

N0000～N9999，前导零可省略。程序段号可以不输入，但程序调用、跳转的目标程序段必须要有程序号。程序段号的顺序可以是任意的，排在后面的程序段号不一定要比前面的大。

5） 程序段选跳符

如果希望系统在执行程序时不执行某一程序段（而不删除该程序段）就在该程序段前插入“/”并打开程序选跳开关，程序执行时此程序段被跳过、不执行。

6） 程序结束符

程序从程序名开始，以“%”结束。“%”为程序文件的结束符，在通讯传送程序时“%”为通讯结束标志和开始标志。

3.2 主程序和子程序

为简化编程，当相同或相似的加工轨迹、控制过程需要多次使用时，就可以把该部分的程序指令编辑为独立的程序进行调用。调用其它程序的程序称为主程序，被调用的程序（以 M99 结束）称为子程序。子程序和主程序一样占用系统的程序容量和存储空间，子程序也必须有自己独立的程序名，子程序可以被其它任意主程序调用，也可以独立运行。子程序结束后就返回到主程序中继续执行，系统支持程序九重嵌套，见下图 1-3-3 所示。

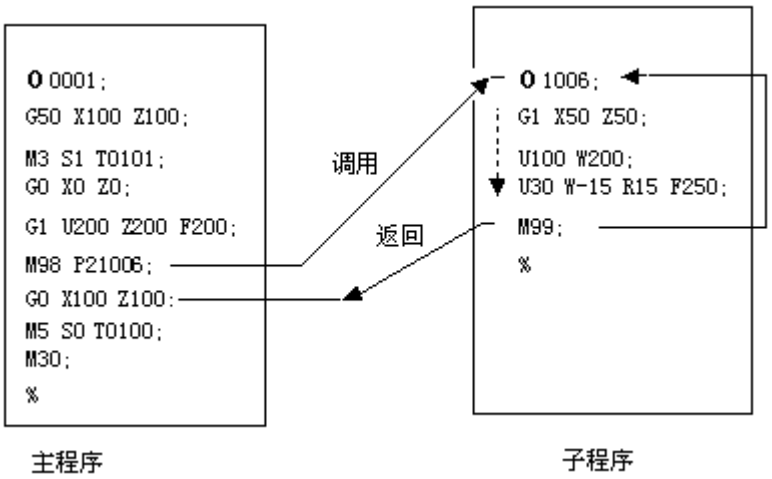
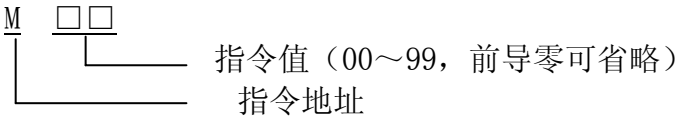

O 0001;
G50 X100 Z100;
M3 S1 T0101;
G0 X0 Z0;
G1 U200 Z200 F200;
M98 P21006;
G0 X100 Z100;
M5 S0 T0100;
M30;
%
调用
返回
O 1006;
G1 X50 Z50;
U100 W200;
U30 W-15 R15 F250;
M99;
%
主程序
子程序

图 1-3-3

第 2 章 M S F T 指令

1.辅助功能（M 指令）

M指令由指令地址M和其后的1～2位数字组成，用于控制程序执行的流程或输出信号到机床。



一个程序段只能有一个M指令有效，当程序段中出现两个或两个以上的M指令时，最后一个M指令有效。

M指令与执行移动功能的指令字共段时，执行的先后顺序如下：

① 当M 指令为M00、M30、M98 和M99 时，移动完成后，再执行M指令；

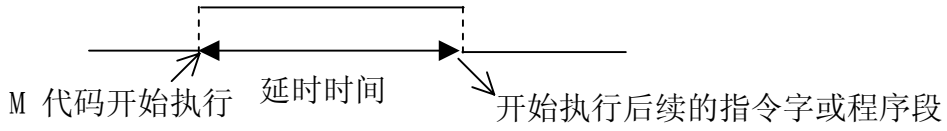
② 当M 指令输出信号到机床时，在移动的同时执行M指令。

M指令一览表

指令	功能	备注
M 00	程序暂停	状态不保持
M 30	程序运行结束	
M 98	子程序调用	
M 99	从子程序返回	
M 03	主轴正转	功能互锁，状态保持
M 04	主轴反转	
*M 05	主轴停止	
M 08	冷动液开	功能互锁，状态保持
*M 09	冷动液关	
M 10	尾座进	功能互锁，状态保持
M 11	尾座退	
M 12	卡盘夹紧	功能互锁，状态保持
M 13	卡盘松开	
M 32	润滑开	功能互锁，状态保持
*M 33	润滑关	
M60	自定义1输出开	
M61	自定义2输出开	
M62	自定义3输出开	
M63	自定义4输出开	
M64	自定义5输出开	
M65	自定义6输出开	
M66	自定义7输出开	
M70	自定义1输出关	
M71	自定义2输出关	
M72	自定义3输出关	
M73	自定义4输出关	
M74	自定义5输出关	
M75	自定义6输出关	

注：标“*”的指令上电时有效。

系统执行了输出信号到机床的M指令后，延时一段时间再执行后续的指令字或程序段，这个延时时间可由系统参数91设置，称为M代码的执行时间。



1.1 程序暂停M00

指令格式：M00或M0

指令功能：当前程序段的其它指令执行完成后，程序运行暂停。按循环启动键后，运行下一程序段。

1.2 程序运行结束并返回程序开头M30

指令格式：M30

指令功能：当前程序段的其它指令执行完成后，自动运行停止，执行 M05、M09，同时加工件数加 1。光标返回程序开头。（系统参数 NO.005 的 BIT4 为 0 时光标不回到程序开头，BIT4 为 1 时光标回到程序开头）

1.3 子程序调用M98

指令格式：

M98 P○○○ □□□□

被调用的子程序号（0000～9999）。当调用次数未输入时，子程序号的前导 0 可省略；当输入调用次数时，子程序号必须为4位数；

调用次数（1-999）。调用1次时，可不输入

指令功能：当前程序段的其它指令执行完成后，系统不执行下一程序段，而是去执行P 指定的子程序， 子程序最多可执行999 次。在MDI方式下不能调用子程序。

1.4 从子程序返回和返回主程序M99

指令格式：M99 P○○○（从子程序返回）

指令功能：当调用的子程序完成后,返回主程序中由 P 指定的程序段继续执行，当未输入 P 时，返回主程序中调用当前子程序的 M98 指令的后一程序段继续执行。如果 M99 用于主程序结束（即当前程序不是由其它程序调用执行），当前程序将反复执行。M99 指令在 MDI 下运行无效

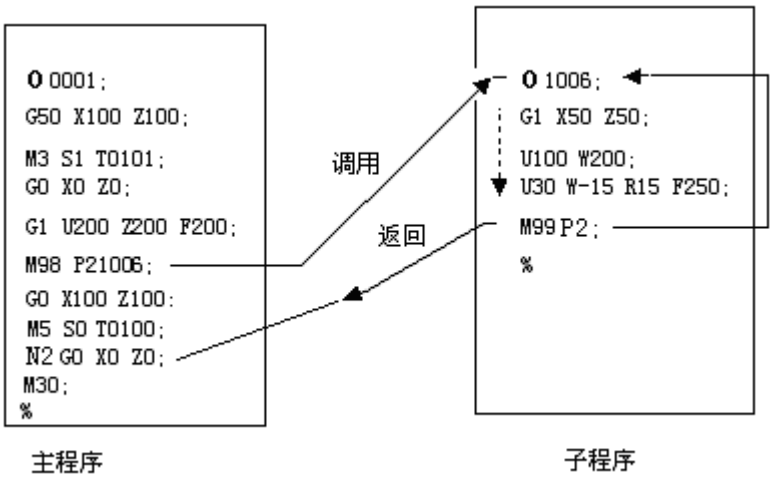


图 2-1-1 从子程序返回

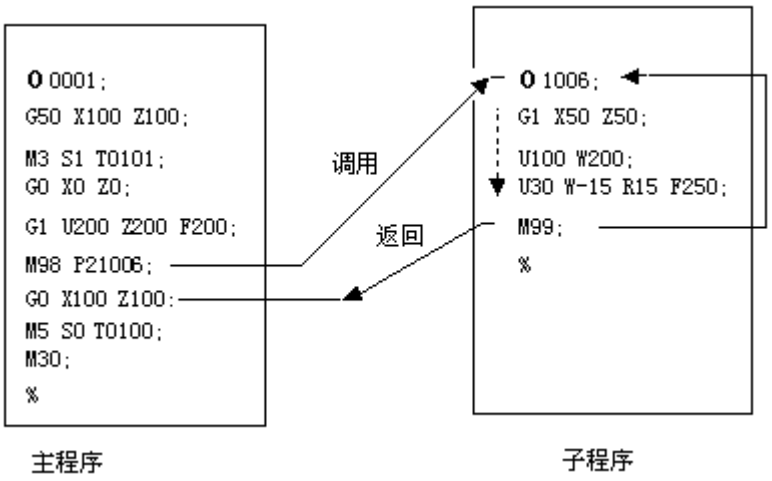


图 2-1-2 返回主程序

本系统可以调用九重子程序，即可以在子程序中调用其它子程序（如下图）

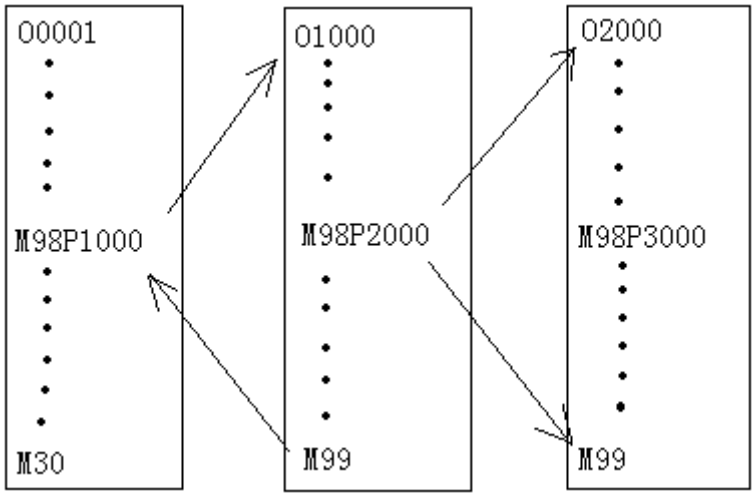


图 2-1-3 程序嵌套调用

1.5 主轴控制M03、M04、M05

指令功能：M03或M3：主轴正转；

M04或M4：主轴反转；

M05或M5：主轴停止。

系统上电后，执行M03或M04，M03或M04输出有效并保持， M03或M04输出有效时，执行M05，取消M03或M04的输出，M05输出有效并保持。当系统参数89、90（主轴制动延迟及有效输出时间）不为0时，执行M05，输出主轴制动SPZD脉冲信号（非保持输出）；主轴制动输出时间设置为0时，执行M05，不输出主轴制动SPZD脉冲信号。

M03（或M04）输出有效时，执行M04（或M03）将产生报警。

注1：系统急停时，取消M03、M04的输出，M05输出有效；

注2：系统复位时，由系统参数96的设置值是否取消M03、M04的输出： 系统参数96的设置值＝1时，系统复位时，取消M03、M04的输出； 系统参数96的设置值＝0时，系统复位时， M03、M04的输出状态不变。

注 3：操作面板的 **键可以控制主轴的正转、停止、反转；**

1.6 冷却液控制M08、M09

指令功能：M08 或M8：冷却泵开；

M09 或M9：冷却泵关。

系统上电后，M09 有效，即 M08 输出无效。执行 M08，M08 输出有效，冷却泵开；执行 M09，取消M08 输出，冷却泵关。

注1：系统急停时，取消M08的输出；

注2：系统复位时，由系统参数96设置是否取消M08的输出： 为1时：系统复位时，取消M08的输出；为0：系统复位时， M08的输出状态不变。

注3：M09无对应的输出信号，执行M09取消M08的输出。

注4：操作面板的 **键可以控制冷却泵开关。**

1.7 尾座控制M10、M11

指令功能：M10：尾座进；

M11：尾座退。

系统上电后，M11、M10均无输出，执行M10，M10输出有效、取消M11输出，尾座进；执行M11，

M11输出有效、取消M10的输出，尾座退。M10、M11不能同时有效。

注1：系统复位、急停时， M10、M11输出状态不变。

注2：尾座可由外部输入信号控制，

注3：系统85参数设置尾座控制功能M10/M11是否有效：

值为0：尾座控制无效，执行M10/M11指令出现报警；

值为1：尾座控制有效。

1.8卡盘控制M12、M13

指令功能：M12：卡盘夹紧；

M13：卡盘松开。

系统上电后，M12、M13均无输出，执行M12，M12输出有效、取消M13输出；执行M13，M13输出有效、取消M12的输出。M12、M13不能同时有效。

系统参数52(卡盘功能有效控制)设置卡盘控制（M12、M13）功能是否有效：

＝0：卡盘控制无效，执行M12或M13指令出现报警；

＝1：卡盘控制有效。

系统参数53(卡盘方式)设置是选择内卡方式还是外卡方式：

＝0：内卡方式；

＝1：外卡方式。

系统参数54设置是否检查卡盘夹紧：

＝0：不检查卡盘到位信号；

＝1：检查卡盘到位信号,并且

系统参数55设置卡盘到位信号电平

=0：到位为低电平

=1：为高电平

注1：系统复位、急停时，M12、M13输出状态不变；

注2：卡盘可由外部输入信号控制

1.9 润滑液控制M32、M33

指令功能：M32：润滑泵开；

M33：润滑泵关。

系统上电后，M33 有效，即 M32 输出无效。执行 M32，M32 输出有效，润滑泵开；执行 M33，取消M32 输出，润滑泵关。

注 1：系统急停时，M32 输出无效；

注 2：系统复位时，由系统参数 96 的设置是否取消 M32 的输出：

统参数 96＝0：系统复位时，取消 M32 的输出；

统参数 96＝1：系统复位时， M32 的输出状态不变。

注 3：M33 无对应的输出信号，执行 M33 取消 M32 的输出；

注 4：操作面板的 **键可以控制润滑泵开关。**

2.主轴功能（S 指令）

S指令由指令地址S和其后的1～4位数字组成，用于控制主轴的转速。

指令格式：S _00～04（前导0可以省略）：主轴转速开关量控制

S _0000～9999（前导0可以省略）：主轴转速模拟电压控制

一个程序段只能有一个S指令有效，当程序段中出现两个或两个以上的S指令时，最后一个S

指令有效。S指令与执行移动功能的指令字共段时，移动指令和S指令同时执行。

2.1 主轴转速开关量控制

当系统参数86=0时，主轴控制模式。

指令格式： S_00～04，前导零可省略，如果输入超过2位数，后2位有效。

指令功能：可实现2～4档主轴转速开关量控制。

当系统参数86=0时， 执行S指令无S档位信号输出，系统等待手动换档。

系统上电时，S1～S4输出无效（无输出》。 执行S01、S02、S03、S04中任意一个指令，对应的S信号输出有效并保持，同时取消其余3个S信号的输出。执行S00指令时，取消S1～S4的输出。任一时刻，S1～S4不能同时输出有效。

注1：机床具有几档主轴转速、S指令与主轴实际转速的对应关系由机床制造厂家决定；

注2：系统复位时，S01、S02、S03、S04输出状态不变；

注3：系统急停时，由系统参数96的设置是否取消S01、S02、S03、S04的输出：

系统参数96＝1时，系统急停时，取消S01、S02、S03、S04的输出；

系统参数96＝0时，系统急停时，S01、S02、S03、S04的输出状态不变。

注 4 ：执行S05～S09 系统将产生报警

2．2 主轴转速模拟电压控制

指令格式：S _0000～9999（前导0可以省略）

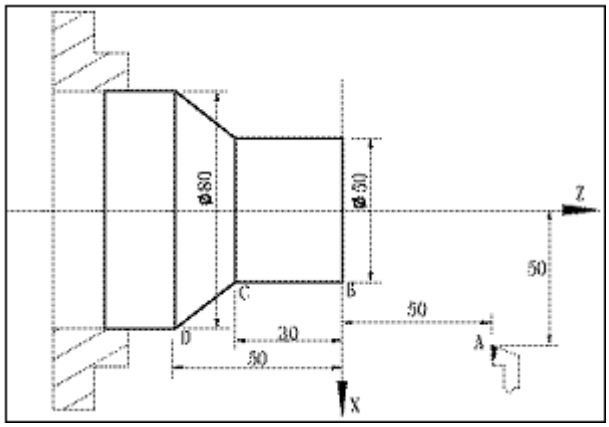
指令功能：设定主轴的转速，系统输出0～10V模拟电压控制主轴伺服或变频器，实现主轴的无级变速，S指令值掉电不记忆，上电时为0。

主轴转速模拟电压控制功能有效时，S 指令设定主轴的固定转速（转/分）S 指令值不改变时主轴转速恒定不变，称为恒转速控制；

与主轴转速模拟电压控制相关的参数：

系统参数 87：最高主轴转速（输出模拟电压为 10V）时的输出电压偏置值；

示例：



程序：

```
O0001;                  （程序名）
M3 S300;                （主轴正转）
G0 X100 Z50;            （快速移动至A点）
G0 X50 Z0;              （快速移动至B点）
G1 W-30 F200;           （从B点切削至C点）
X80 W-20 F150;          （从C点切削至D点）
G0 X100 Z50;            （快速退回A点）
```

M30；　　（程序结束，关主轴、冷却液）

%

2.3 主轴倍率

在主轴转速模拟电压控制方式有效时，主轴的实际转速可以用主轴倍率调整键在50%～120%的指令转速范围内进行8级实时修调（每级变化10%）。

进行主轴倍率调整后的实际转速受主轴当前档位最高转速的限制，还受最低主轴转速限制值的限制。主轴倍率掉电不记忆，上电时初始倍率为100%。

3.快速移动和进给功能（F 指令）

本系统有快速移动、切削进给、手动进给三种轴运动控制方式。

3.1 快速移动

快速移动：对于车床来说，X 轴方向和 Z 轴方向按各自独立的快速移动速率运动，两个方向的运动不构成确定的直线或圆弧轨迹。本系统可用 G 指令和手动快速两种方式执行快速移动，手动快速移动时X 轴方向和Z 轴方向不能同时移动。

X 轴方向和Z 轴方向的快速移动速率分别由系统参数14 和15 设置，可使用快速倍率调整键对实际的快速移动速率进行实时调整，实际的快速移动倍率为F0 或25%、50%、100%的快速移动速率设置值，

快速倍率掉电不记忆，上电时初始倍率为100%。

相关参数：

系统参数22：X 轴的快速移动速率

系统参数15：Z 轴的快速移动速率；

系统参数22：X 轴快速移动时的直线加减速时间常数；

系统参数23：Z 轴快速移动时的直线加减速时间常数；

系统参数NO.032：快速移动倍率为F0 时X、Z 轴的快速移动速率（X 轴为直径变化/分钟）。

示例：G00 从A 点快速移动到B 点。

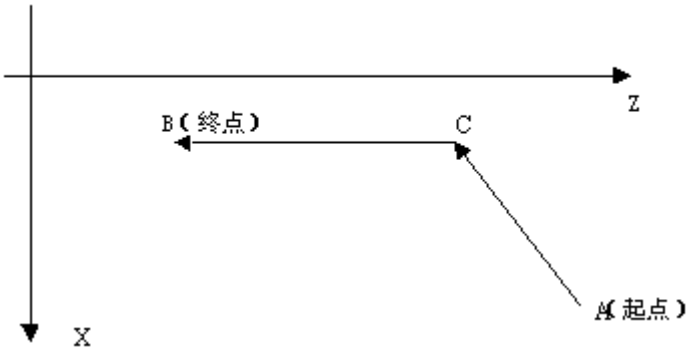


图 2-3-1

A→C：X向、Z向以各自的快速移动速率移动，当X向坐标值与B点的X坐标相等时，X向停止移动；

C→B：X向停止移动后，Z向继续快速移动至B点。

3.2切削进给指令 F

切削进给：系统同时控制 X轴和 Z轴两个方向的运动，使刀具的运动轨迹与指令定义的轨迹

（直线、圆 弧）一致，而且运动轨迹的切线方向上的瞬时速度与F指令值一致，这种运动控制过程称为切削进给或插补。切削进给的速度由 F指令字指定，系统在执行插补指令（切削进给）时， 根据编程轨迹把F指令给定的切削进给速度分解到X轴和Z轴两个方向上,系统同时控制X轴方向和Z轴方向的瞬时速度，使得两方向速度的矢量合成速度等于F指令值。

备　　注:使用机床面板的进给倍率键或外接倍率开关可以对切削进给速度进行实时调整，实际的切削进给速度可以在指令速度的 0～150%范围内作 16 级调整（每级变化 10%）进给倍率调整对螺纹切削无效。

$$F=\sqrt{f_X^2+f_Z^2}$$

$$f_X=\frac{dx}{dt}$$

$$f_Z=\frac{dz}{dt}$$

F为X轴方向和Z轴方向的瞬时速度的矢量合成速度；
d_X为X轴的瞬时(dt时间段)增量，f_X为X轴的瞬时速度；
dz为Z轴的瞬时(dt时间段)增量，f_Z为Z轴的瞬时速度。

示例：图 2-2-6，括号内为各点的坐标值（X 向为直径值），系统参数 022 为 3800，系统参数.023 为 7600，快速倍率、进给倍率均为 100%。

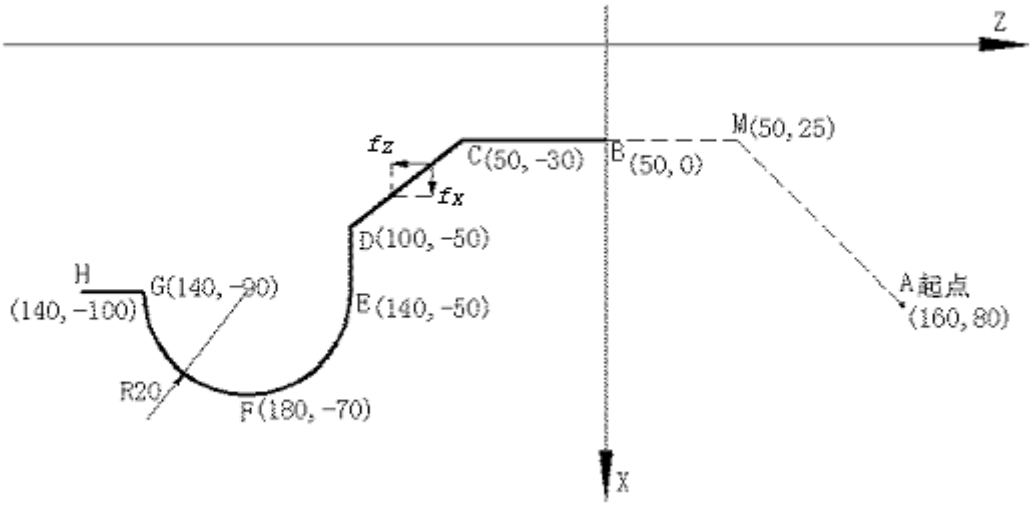


图 2-3-2

程序如下：

```
O0010;
G50 X160 Z80;  （建立工件坐标系）
G98;
G0 X50 Z0;        （从A点经M点快速移动至B点）
G1 W-30 F250;     （B→C）
X100 W-20;        （C→D）
X140;             （D→E）
```

G2 W-40 R20； （EFG圆弧插补）
W-10； （G→H）
M30；

3.3手动进给

手动进给：本系统可在手动方式下按当前的手动进给速度进行X轴或Z轴正向/负向移动，X轴方向和Z轴方向不能同时移动。X轴方向和Z轴方向的实际手动速率由手动倍率调整键对应0～150%进行实时调整，每档手动速度为系统参数设定的固定值与手动倍率的乘积。

手动进给倍率掉电不记忆，上电时初始倍率为100%。

3.4自动加减速

在轴运动的开始阶段与运动停止前，本系统自动进行加减速处理，实现速度的平滑过渡，以减小运动起动和停止时的冲击。本系统采用插补后加减速处理，快速移动采用直线型加减速，切削进给和手动进给采用指数型加减速。

快速移动： 直线型加减速(用系统参数NO.022～NO.025 设定各轴加减速时间常数)
切削进给： 指数型加减速(用系统参数11 设定各轴相同的加减速时间常数)
手动进给： 指数型加减速(用系统参数 13 设定各轴相同的加减速时间常数)

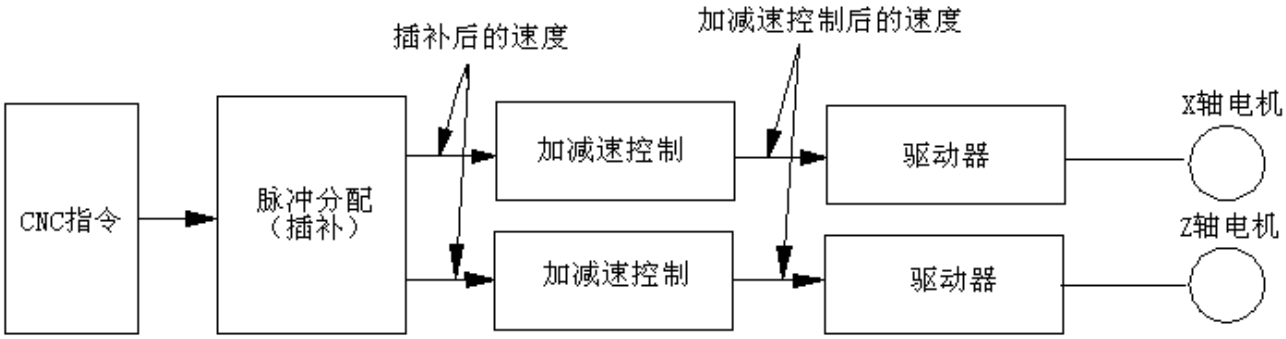


图 2-3-3

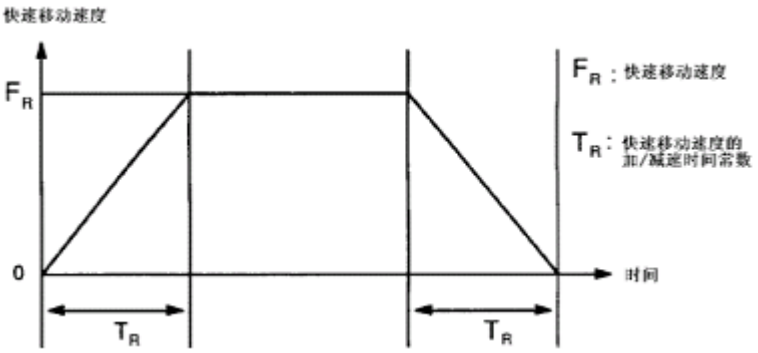


图 2-3-4 快速移动速度曲线

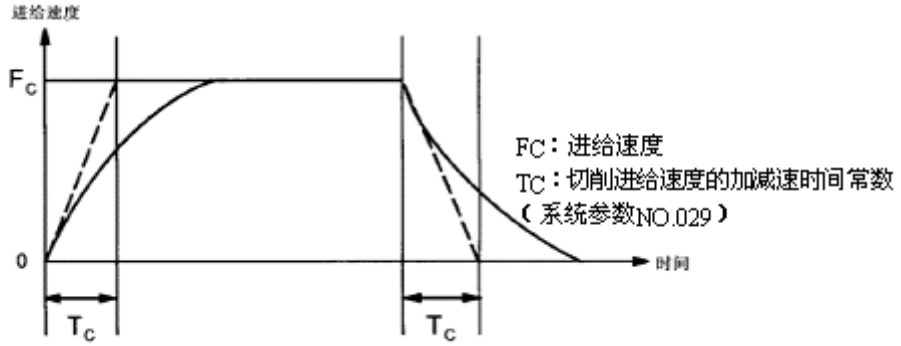


图 2-3-5 切削进给、手动进给速度曲线

由于本系统采用了插补后自动加减速，在相邻的两个切削进给程序段的轨迹交点处会由于加减速的原因形成一个弧形过渡，不能够准确定位在两轨迹的交点，实际轨迹与编程轨迹存在轮廓误差。如果要避免这种轮廓误差，可在两个程序段间插入准确停指令（G04;）此时，前一个程序段运动到程序段终点时减速到零速，准确定位在程序段终点，然后才执行下一个切削进给程序段。

示例：

G01 U-420;（X轴负向移动）

W-550; （Z轴负向移动）

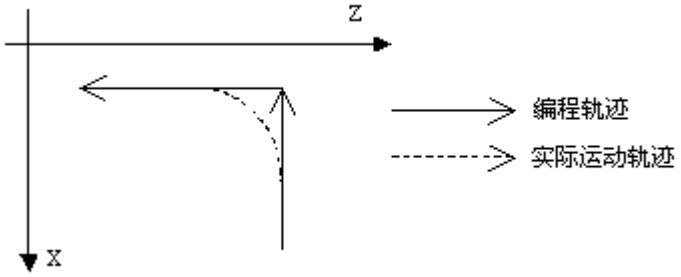


图2-3-6

4.刀补功能（T 指令）

本系统具有自动换刀功能，可控制4～8刀位的自动刀架在加工过程中换刀，实现多个工序、多把刀具的零件加工工艺。

本系统同时还具有刀具长度补偿功能，该功能在编写程序时不必考虑刀具的实际位置，只需在加工前通过对刀操作获得每一把刀具的位置偏置数据（称为刀具偏置或刀偏），使用刀具加工前，先执行刀具长度补偿，即：按刀具偏置对系统的坐标进行偏移，使刀尖的运动轨迹与编程轨迹一致。更换刀具后，只需要重新对刀、修改刀具偏置，不需要修改加工程序。如果因为刀具磨损导致加工尺寸出现偏差，可以直接根据尺寸偏差修改刀具偏置，以消除加工尺寸偏差。

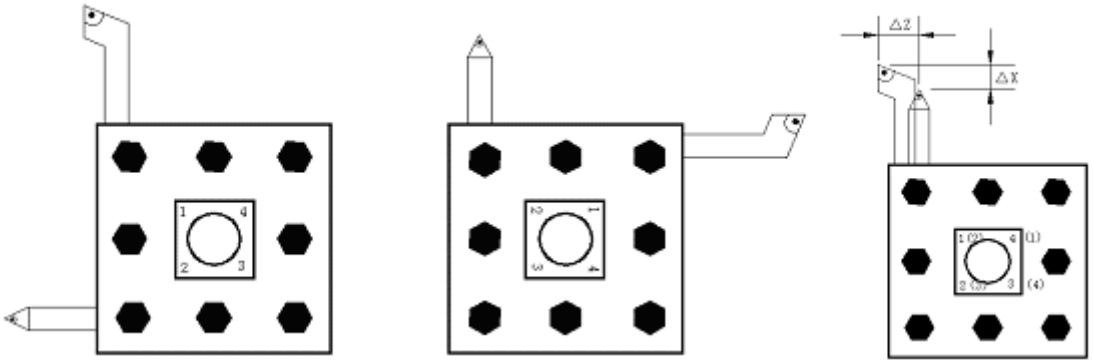


图2-4-1

指令格式：

T ○○ ○○

刀具偏置号（00-16，前导0 不能省略）

目标刀具号（00-08，前导0 不能省略）

指令功能：自动刀架换刀到目标刀具号刀位，并按指令的刀具偏置号对应的刀具偏置执行刀具长度补偿。 刀具偏置号可以和刀具号相同，也可以不同，即一把刀具可以对应多个偏置号。对应刀具偏置号为00的刀具偏置为X=0、Z=0，系统为无刀具补偿状态，即：系统的坐标偏移为0（未 进行坐标偏移）。在执行了刀具长度补偿后，执行T□□00，系统将按当前的刀具偏置反向 偏移系统坐标，系统由已执行刀具长度补偿状态改变为未补偿状态，显示的刀具偏置号为00 这个过程称为取消刀具长度补偿，简称：取消刀补。

如：T0101 表示选择1号刀并执行1号刀偏

T0102 表示选择1号刀并执行2号刀偏；

T0301 表示选择3号刀并执行1号刀偏。

上电时，T指令显示的刀具号和偏置号为掉电前的状态。

在一个程序段中只能一个T指令有效，在程序段中出现两个或两个以上的T指令时，最后一个T指令有效。

执行了下列任意一种操作后，将取消刀具长度补偿：

1、执行了T□□00 指令；

2、执行了 G28 指令或手动回机械零点（只取消已回机械零点的坐标轴的刀具长度补偿，未回机械零点的坐标轴不取消刀偏）；

3、执行了程序回零操作（只取消已回程序零点的坐标轴的刀具长度补偿，未回程序零点的坐标轴不取消刀偏）；

T 指令与执行移动功能的指令在同一程序段时，则先执行换刀指令再执行移动指令。

刀具长度补偿是对编程轨迹而言的，T 指令中刀具偏置号对应的偏置，在每个程序段的终点被加上或减去，下图2-4-2为刀具长度补偿建立、执行及取消的过程。

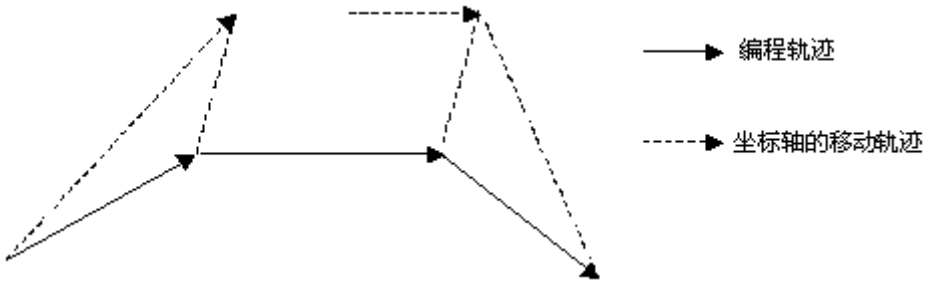


图2-4-2 刀具长度补偿建立、执行及取消的过程

```
G01 X100 Z100 T0101;  （程序段1，执行刀具长度补偿的过程）
G1 W150;              （程序段2，刀具长度补偿状态）
G1 150 W100 T0100;    （程序段3，取消刀具长度补偿的过程）
```

T 指令与执行移动功能的指令在同一程序段时，执行刀具长度补偿的移动速度由移动指令决定是切削进给还是快速移动速度。

使用排刀架（未安装自动刀架）时，系统参数74（总刀位数选择）应设置为 0，此时 T指令的刀位号为 0，执行 T 指令没有换刀动作，只执行刀具长度补偿。切削刀具的改变是通过执行刀具长度补偿来实现的。

本系统适用于 4～8刀位的自动刀架，刀位信号直接输入（每个刀位信号独立）刀架正转换刀、到位反转锁紧。

按机床面板的 键可进行手动换刀。

相关参数：

系统参数75：刀位信号高、低电平选择；

系统参数76：刀架锁紧信号高、低电平选择；

系统参数77：最大换刀时间；（单位：80ms二进制）

系统参数78：刀架正转停止到刀架反转锁紧开始的延迟时间；（单位：16ms二进制）

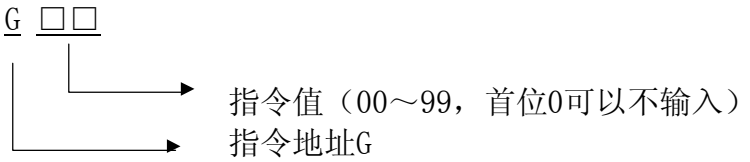
系统参数79：刀架反转锁紧时间；（单位：100ms二进制）

系统参数74：总刀位数；

第 3 章 G 指令

1. 概述

G 指令由指令地址 G 和其后的 1～2 位指令值组成，它用来规定刀具相对工件的插补方式、暂停功能 、坐标设定等多种操作。



G指令字被分为00、01、02、03、04组。在同一个程序段中可以输入几个不同组的G指令字，如果在同一个程序段中输入了两个以上的同组G指令字时，最后一个G指令字有效。没有共同参数（指令字）的不同组G指令字可以在同一程序段中，功能同时有效并且与先后顺序无关。系统不支持该表以外的G指令字，如果指令则出现报警。

G指令字一览表

指 令 字	组 别	功 能	备 注
G00	01	快速移动	初态G指令
G01		直线插补	模态G指令
G02		圆弧插补（顺时针）	
G03		圆弧插补（逆时针）	
G32		螺纹切削	
G90		轴向切削循环	
G92		螺纹切削循环	
G94		径向切削循环	
G04	00	暂停、准停	非模态G指令
G28		返回机械零点	
G50		坐标系设定	
G65		宏指令	
G70		精加工循环	
G71		轴向粗车循环	
G72		径向粗车循环	
G73		封闭切削循环	
G74		轴向切槽多重循环	
G75		径向切槽多重循环	
G76		多重螺纹切削循环	

1.1模态、非模态及初态

所谓模态机能，是指某一代码在当前的程序段中一经指定，以后一直有效至程序段中出现另一个同组的代码为止，下一程序段如再使用该指令可以不用指定。

所谓非模态机能，是指某一代码只在它们所在的程序段中起作用。下一程序段如再使用该指令必须重新指定。

系统上电后，未经执行其功能或状态就有效的模态G指令字称为初态G指令字。上电后执行初态G指令字时，不需输入该G指令字。本系统的初态指令字为G00。

1.2指令字的省略输入

为简化编程，表 3-2 所列举的指令字具有执行后指令值保持的特点，如果在前面的程序段中已经包含了这些指令字，在后续的程序段中需要使用指令值相同、意义相同的指令字时，可以不必输入。

表3-2

指令地址	功能意义	上电时的初始值
U	G71 中切削深度	NO.51 参数值
U	G73 中X向退刀距离	NO.53 参数值
W	G72 中切削深度	NO.51 参数值
W	G73 中Z向退刀距离	NO.54 参数值
R	G71、G72循环退刀量	NO.52 参数值
R	G73 中粗车循环次数	NO.55 参数值
R	G74、G75 中切削后的退刀量	NO.56 参数值
R	G76 中精加工余量	NO.60 参数值
R	G90、G92、G94、中锥度	0
F	公制螺纹螺距（G32、G92、G76）	0
S	主轴转速开关量输出	0
P	G76 中螺纹切削精加工次数	NO.57 参数值
	G76 中螺纹切削螺纹退刀宽度	NO.19 参数值
	G76 中螺纹切削刀尖角度	NO.58 参数值
Q	G76 中最小切入量	NO.59 参数值

注 1：在地址X（U）、Z（W）用于给定程序段终点坐标时允许省略输入，程序段中未输入X（U）或Z（W）坐标指令字时，系统取当前的X轴或Z轴的绝对坐标作为程序段终点的坐标值；

注 2：使用表3-2中未列入的指令地址时，必须输入相应的指令字，不能省略输入

示 例：

```
O0001;
G0 X150 Z150;
X50 Z50;              （模态指令G0未输入）
G1 X40 Z40 F200;      （直线插补至X40 Z40，进给速度200mm/min;  模态指令字G1有效）
X150;                 （未输入Z轴坐标，取当前坐标值）
Z50;                  (F200保持、G1为模态指令，均未输入）
G0 X0 Z0;             （快速移动至X0 Z0，模态指令G0有效）
M30;
%
```

示 例

```
O0002;
G0 X150 Z50;
G04 X2;              （延时2秒）
G04 X2;              （再次延时2秒，G04为非模态G指令，需再次输入）
M30;
%
```

1.3相关定义

本说明书以下内容的阐述中，意义如下：

起点：当前程序段运行前的位置；

终点：当前程序段执行结束后的位置；

X：终点X 向的绝对坐标；

U：终点与起点X 向绝对坐标的差值；

Z：终点Z 向的绝对坐标；

W：终点与起点Z向绝对坐标的差值；

F：切削进给速度。

2.快速移动G00

指令格式：G00 X(U)；

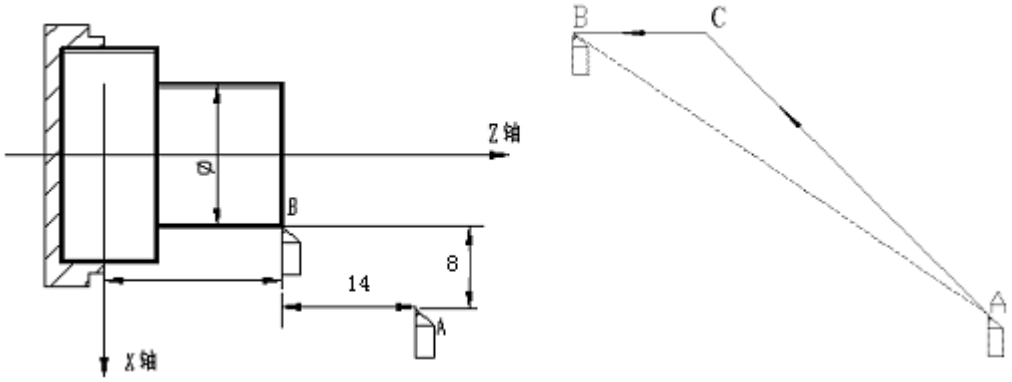
指令功能：X轴、Z轴同时从起点以各自的快速移动速度移动到终点。G00为初态G指令。

两轴是以各自独立的速度移动的，其合成轨迹不一定是直线，两轴可能不是同时到达终点，编程时应特别注意。

指令地址X(U)、Z（W）可省略一个或全部，当省略一个时，表示该轴的起点和终点坐标值一致；同时省略表示终点和始点是同一位置。

X、Z轴各自的快速移动速度分别由系统参数NO.022、NO.023设定，实际的移动速度可通过机床面板的快速倍率键进行调整。

示例：刀具从A 点快速移动到B点。



G0 X20 Z25;（A点坐标）

G0 U-8 W-14;（A→B）

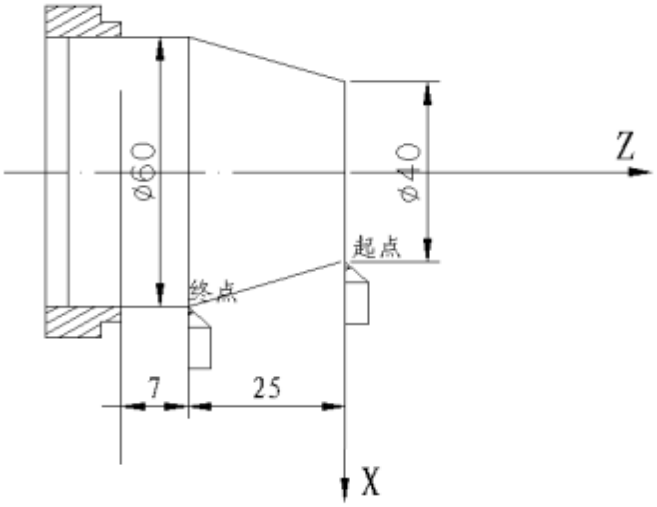
3.直线插补G01

指令格式：G01　X（U）_ Z（W）_F_；
X（U)/Z（W）：终点绝对坐标值或相对坐标值。
F　　：切削进给速度

指令功能：运动轨迹为从起点到终点的一条直线。F指令值为X轴方向和Z轴方向的瞬时速度的矢量合成速度，实际的切削进给速度为进给倍率与F指令值的乘积。F指令值一经执行，指令值保持，直至新的F指令值被执行。

示例：

G01 X60.0　Z-25　F200；　（绝对值编程）
G01 U20.0　W-25.0；　　（相对值编程）



4.圆弧插补G02、G03

指令格式：G02/ G03 X（U）_　Z（W）_　R_　（I_　K_）　F_；
指令功能：运动轨迹为从起点到终点的顺时针圆弧/逆时针圆弧，轨迹如下图所示。
R：圆弧半径（0～9999.999mm）
I：圆心与圆弧起点X 轴坐标的差值（-9999.999～9999.999mm）
K：圆心与圆弧起点Z 轴坐标的差值（-9999.999～9999.999mm）

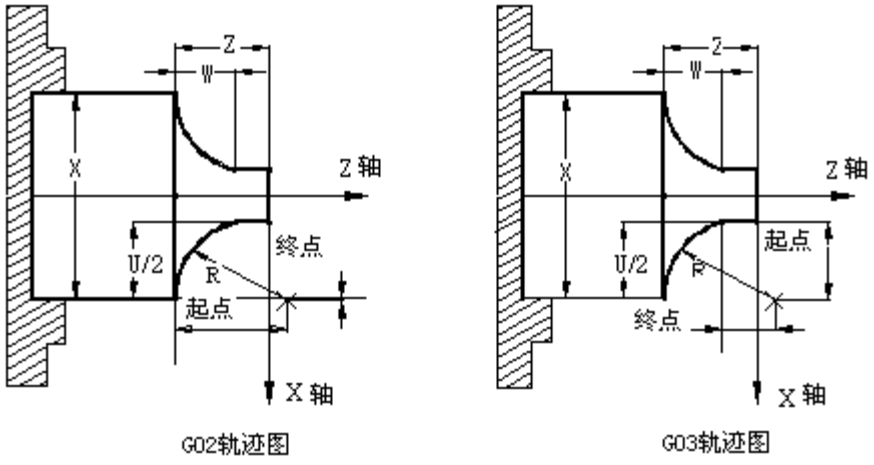


图3-4-1

示例：如下图3-4-2

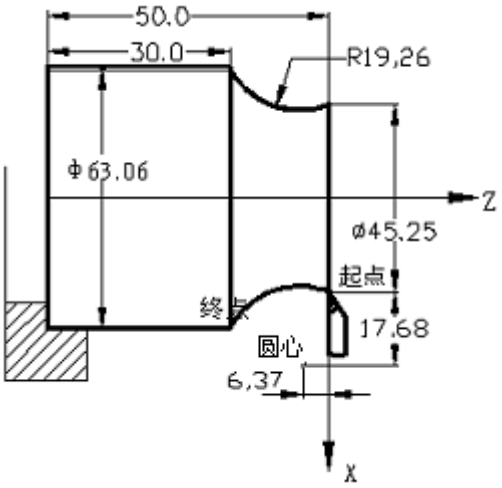


图3-4-2

程序：

```
  G03 X63.06 Z-20.0 R19.26 F300  ；
或G03 U17.81 W-20.0 R19.26 F300  ；
或G03 X63.06 Z-20.0 I35.36 K-6.37 F300；
或G03 U17.81 W-20.0 I35.36 K-6.37 F300  ；
```

注意事项：

- G02/G03程序段中指令地址I、K或R必须至少输入一个，否则系统产生报警；I、K和R同时输入时，R有效，I、K无效；未输入R或R的值等于零时，系统报警；
- 未输入X（U）和Z（W）时，如果用R给定半径，执行G02/G03指令X轴和Z轴不移动；如果未输入R、 使用I、K指令字时，执行G02/G03指令的轨迹为全圆（360°）；
- 使用R指令时，理论上可能是大于180° 和小于180° 两个圆弧，本系统规定小于等于180° 的圆弧有效(如下图3-4-3)。 如果终点不在用 R定义的圆弧上，系统会产生报警；

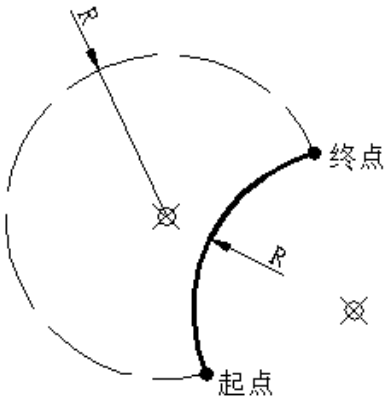


图3-4-3

- G02/G03程序段中使用I、K指令字定义圆心时，即使终点不在圆弧上，系统也不会报警，执行指令的轨迹为：按指令定义的圆心和圆弧方向，X轴和Z轴同时从起点沿圆弧运动，当X轴或Z轴的坐标与终点的坐标相同时，X轴或Z轴停止运动，另一轴（Z轴或X轴）继续运动至终点。如下图3-4-4

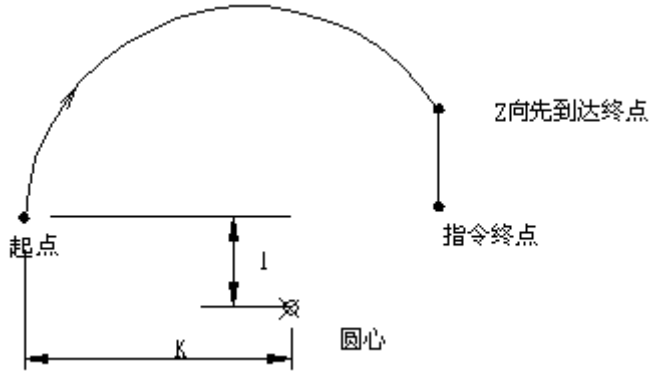


图3-4-4

5.暂停指令G04

指令格式：G04　P__　；
　　或 G04 X__　；
　　或 G04 U__　；

指令功能：各轴运动停止,不改变当前的G指令模态和保持的数据、状态，延时给定的时间后，再执行下一个程序段。延时时间由指令字P__、X__或U__指定。G04为非模态G指令。

当P、U、X未输入时，表示程序段间准确停。指令字P__、X__或U__指令值的时间单位与参数设置有关，见下表：

指令地址	P	U/X	备注
单位	0．001秒	1秒	系统参数NO.13的BIT3位=1
	0.001秒	0.001秒	系统参数NO.013的BIT3位=0

6.返回机械零点G28

指令格式：G28　　X(U)_ Z(W)_；

指令功能：从起点开始，以快速移动速度到达X（U）、Z（W）指定的中间点后再同时回机械零点。G28 为非模态G指令。

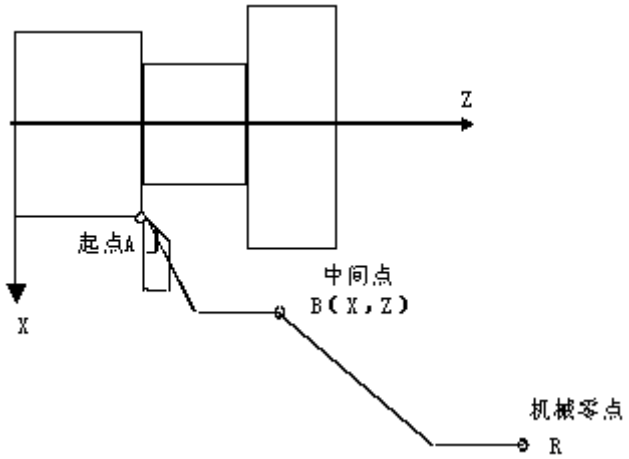
指令地址X（U）、Z（W）可省略一个或全部，详见下表

指　令	功　能
G28　　X(U)_	X轴回机械零点，Z轴保持在原位
G28　　Z(W)_	Z轴回机械零点，X轴保持在原位
G28	两轴保持在原位，继续执行下一程序段
G28　　X(U)　　Z(W)	X、Z轴同时回机械零点

X：中间点X向的绝对坐标；　U：中间点与起点X向绝对坐标的差值；
Z：中间点Z向的绝对坐标；　W：中间点与起点Z向绝对坐标的差值。
指令动作过程（见下图）：

（1）从起点同时以各自独立的快移速度移动到中间点（A点→B点）。

（2）待两轴都到达中间点后，从中间点同时以各自独立的快移速度移动到机械零点（B点→R点），回零结束指示灯亮。



注1：系统上电后，如果没有进行手动回机械零点操作，执行G28时，从中间点到机械零点的运动过程和手动返回机械零点时相同（收到减速信号后减速运动到机械零点）；

注2：从A点→B点及B点→R点过程中，两轴是以各自独立的快移速度移动的，因此，其轨迹并不一定是直线；

注3：机床锁住时，执行G28指令，X轴和Z轴不移动，系统绝对坐标改变为中间点坐标，然后执行下一个程序段，回零结束指示灯不点亮；

注4：执行G28指令回机械零点操作后，系统取消刀具长度补偿；

注5：如果机床未安装零点开关，不得执行G28指令，否则，可能造成机床损坏。

7.螺纹切削指令G32

指令格式：G32 X（U）__Z（W）__ F（I）__；

X（U）：螺纹X轴终点坐标值或增量值

Z（W）：螺纹Z轴终点坐标值或增量值

F：公制螺纹螺距（0.001～500 mm），为主轴转一圈长轴的移动量，F指令值执行后保持有效，直至再次执行给定螺纹螺距的F指令字。

I：每英寸螺纹的牙数(0.06～25400牙/英寸)，为长轴方向1英寸(25.4mm)　　长度上螺纹的牙数，也可理解为长轴移动1英寸（25.4 mm）时主轴旋转的圈数。I指令值执行后不保持，每次加工英制螺纹都必须输入I指令字。

指令功能：刀具的运动轨迹是从起点到终点的一条直线，从起点到终点位移量（X轴按半径值）较大的坐标轴称为长轴，另一个坐标轴称为短轴，运动过程中主轴每转一圈长轴移动一个螺距，短轴与长轴作直线插补，刀具切削工件时，在工件表面形成一条等螺距的螺旋切槽，实现等螺距 螺纹的加工。F、I指令字分别用于给定公制、英制螺纹的螺距，执行G32指令可以加工公制或英制等螺距的直螺纹、锥螺纹和端面螺纹：

起点和终点的X坐标值相同（不输入X或U）时，进行直螺纹切削；

起点和终点的Z坐标值相同（不输入Z或W）时，进行端面螺纹切削；

起点和终点X、Z坐标值都不相同时，进行锥螺纹切削。见下图3-7-1

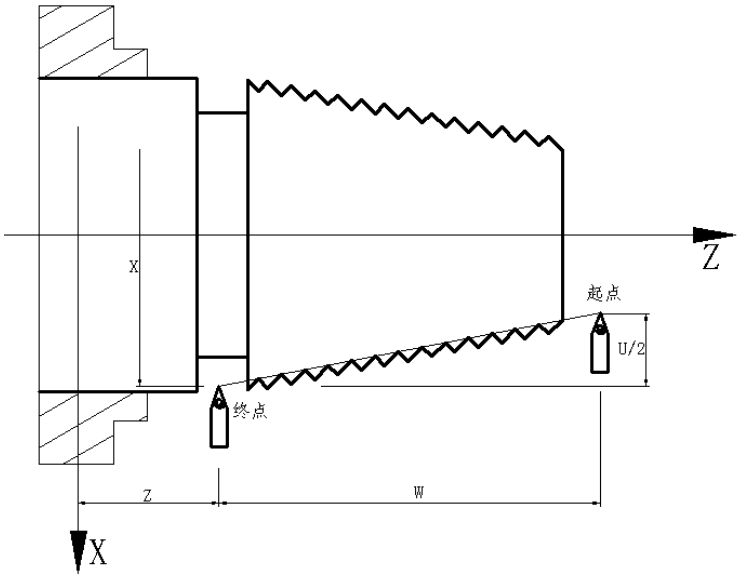


图3-7-1

螺纹的螺距指主轴转一圈长轴的位移量（X轴位移量按半径值），长轴、短轴的判断方法见下图3-7-2：

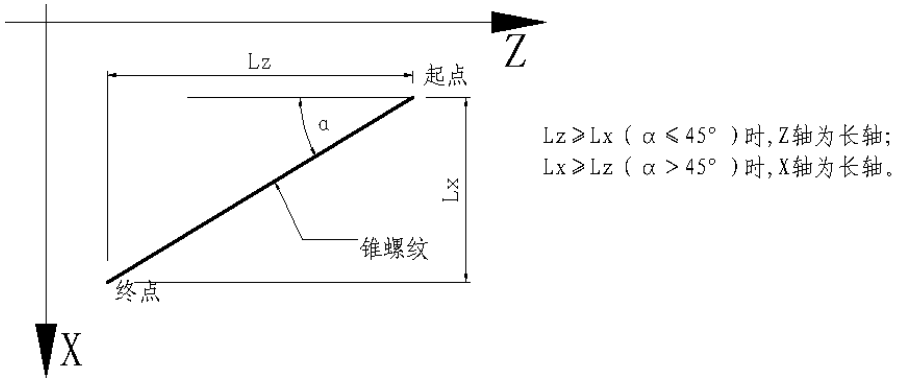


图3-7-2

螺纹切削注意事项：

- 机床必须安装主轴编码器才能进行螺纹切削，主轴编码器与主轴的传动比应为1：1，主轴编码切削螺纹时，系统收到主轴编码器Z(原点)信号后才移动X轴或Z轴、开始螺纹加工，因此只要不改变主轴转速，可以分粗车、精车多次切削完成同一螺纹的加工。
- 由于在螺纹切削的开始及结束部分X轴、Z轴有加减速过程，此时的螺距误差较大，因此，需要在实际 螺纹起点前留出一个引入长度δ1、在实际螺纹终点后留出一个引出长度(通常称为退刀槽）δ2，即： 编程的螺纹长度比实际的螺纹长度要长，如下例图所示。

示例：

螺纹螺距：4mm。δ1 = 3.5mm， δ2 = 3.5mm，总切深1mm（单边）分两次切入。

```
G00 X28 Z3;            （第一次切入0.5mm）
G32 X51 W-77 F4.0;     （锥螺纹第一次切削）
G00 X55;               （刀具退出）
W77;                   （Z向回起点）
X27;                   （第二次再进0.5mm
G32 X50 W-77 F4.0;     （锥螺纹第二次切削）
G00 X55;               （刀具退出）
W77;                   （Z向回起点）
```

例图3-7-3:

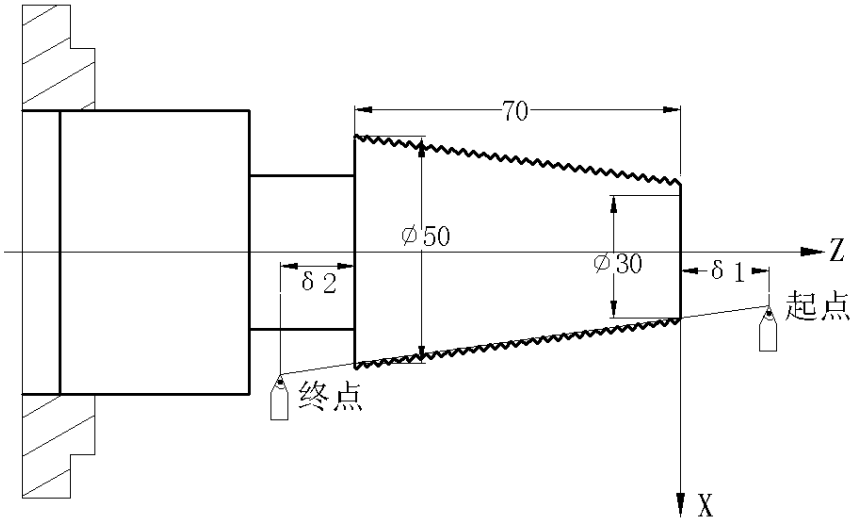


图3-7-3

- G32的起点、终点和螺纹螺距确定的条件下，螺纹切削时X轴、Z轴的移动速度由主轴转速决定，与切削进给速度倍率无关。螺纹切削时主轴倍率控制有效，主轴转速发生变化时，由于X轴、Z轴加减速的原因会使螺距误差增大，因此，螺纹切削时不要进行主轴转速调整，更不要停止主轴（主轴停止将导致刀具和工件损坏）。
- 在螺纹切削时执行进给保持操作后，系统不响应。
- 单程序段运行在螺纹切削时无效。
- 系统复位、急停或驱动报警时，螺纹切削立即停止。

8. Z 轴攻丝循环 G33

指令格式：G33 Z（W）__ F（I）__;

指令功能：刀具的运动轨迹是从起点到终点，再从终点回到起点。运动过程中主轴每转一圈Z轴移动一个螺距，与丝锥的螺距始终保持一致，在工件内孔形成一条螺旋切槽，可一次切削完成内孔的螺纹加工。

指令说明：G33为模态G指令;

Z（W）：不输入Z或W时，起点和终点的Z坐标值相同，不进行螺纹切削;

F：公制螺纹螺距，取值范围0.001～500 mm;

I：每英寸螺纹的牙数，取值范围0.06～25400牙/英寸;

循环过程：

①Z轴进刀攻牙(G33指令前必须指定主轴开);

②到达编程指定的Z轴坐标终点后，M05信号输出;

③检测主轴完全停止后;

④主轴反转信号输出（与原来主轴旋转的方向相反）;

⑤Z轴退刀到起点;

⑥M05信号输出，主轴停转。

程序：

```
O0011;
G00 Z90 X0 M03;  启动主轴
G33 Z50 F1.5;  攻牙循环
G33 Z60 F1.5;  攻牙循环
M03 再启动主轴
G00 X60 Z100;  继续加工
M30
```

注1：攻牙前应根据丝锥的旋向来确定主轴旋转方向，攻牙结束后主轴将恢复原来转向。

注2：此指令是刚性攻牙，在主轴停止信号有效后，主轴还将有一定的减速时间才停止旋转，此时Z轴将仍然跟随主轴的转动而进给，直到主轴完全停止，因此实际加工时螺纹的底孔位置应比实际的需要位置稍　深一些，具体超出的长度根据攻牙时主轴转速高低和主轴刹车装置而决定。

注3：攻牙切削时Z轴的移动速度由主轴转速与螺距决定，与切削进给速度倍率无关。

注4：在单程序段运行或执行进给保持操作，系统显示“暂停”，攻牙循环不停止，直到攻牙完成后回到起始点才停止运动。

注5：系统复位、急停或驱动报警时，攻牙切削减速停止。

9.工件坐标系设定G50

指令格式：G50　X（U）　Z（W）；

X：当前位置新的X轴绝对坐标；

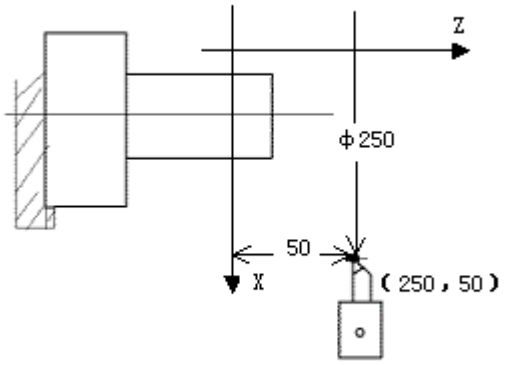
U：当前位置新的X轴绝对坐标与执行指令前的绝对坐标的差值；

Z：当前位置新的Z轴绝对坐标；

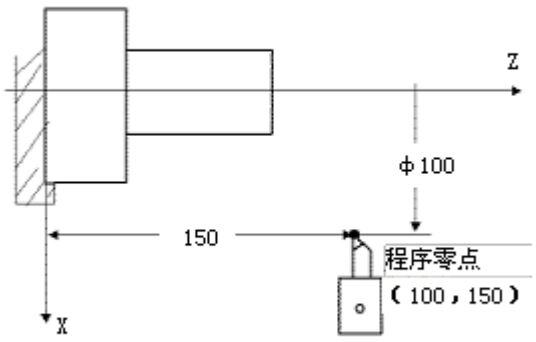
W：当前位置新的Z轴绝对坐标与执行指令前的绝对坐标的差值；

指令功能：设置当前位置的绝对坐标，通过设置当前位置的绝对坐标在系统中建立　工件坐标系（也称浮动坐标系）。执行本指令后，系统将当前位置作为程序零点，执行回程序零点操作时，返回这一位置。 工件坐标系建立后，绝对坐标编程按这个坐标系输入坐标值，直至再次执行G50 建立新的工件坐标系。G50为非模态G指令。

G50指令中未输入X（U）或Z（W），未输入的坐标轴按当前的绝对前坐标值设置坐标，X（U）、Z（W）均未输入时，不改变当前坐标值。只要是执行了G50，　就把当前位置设为程序零点。



用G50设置坐标系前



用G50设置坐标系后

如上图所示，当执行指令段 “G50 X100 Z150”后；建立了如图所示的工件坐标系，并将（X100,Z150）点设置为程序零点。

注：如果在刀具长度补偿状态执行G50设定坐标系，系统显示的绝对坐标为按当前刀具偏置值修正后的坐标设置值，程序零点为工件坐标系中由 G50 坐标设置值确定的位置。在刀具长度补偿状态回程序零点，回零结束的位置为取消刀具长度补偿后的程序零点位置。

示例：

当前的刀补状态	执行 G50 X20 Z20 后坐标显示值	01 号刀补值
T0100	X：20　　Z：20	X：12
T0101	X：32　　Z：43	Z：23

10. 固定循环指令

为了简化编程，本系统提供了只用一个程序段完成快速移动定位、直线/螺纹切削、最后快速移动返回起点的单次加工循环的G指令：

G90：轴向切削循环
G94：径向切削循环
G92：螺纹切削循环

10.1 轴向切削循环G90

指令格式：G90 X（U）__ Z（W）__ F__；（圆柱切削）
G90 X（U）__ Z（W）__ R__ F__;（圆锥切削）

切削起点：直线插补（切削进给）的起始位置；

切削终点：直线插补（切削进给）的结束位置；

X：切削终点X轴绝对坐标；

U：切削终点与起点X轴绝对坐标的差值；

Z：切削终点Z轴绝对坐标；

W：切削终点与起点Z轴绝对坐标的差值；

R：切削起点与切削终点X轴绝对坐标的差值（半径值），当R与U的符号不一致时，要求R｜≤｜U/2｜。

循环过程：①X轴从起点快速移动到切削起点；
②从切削起点直线插补（切削进给）到切削终点；
③X轴以切削进给速度退刀（与①方向相反）返回到X轴绝对坐标与起点相同处；
④Z轴快速移动返回到起点，循环结束。

G90为模态指令，指令的起点和终点相同，径向（X轴）进刀、轴向（Z轴或X、Z轴同时）切削， 实现柱面或锥面切削循环。见下图3-10-1 、3-10-2

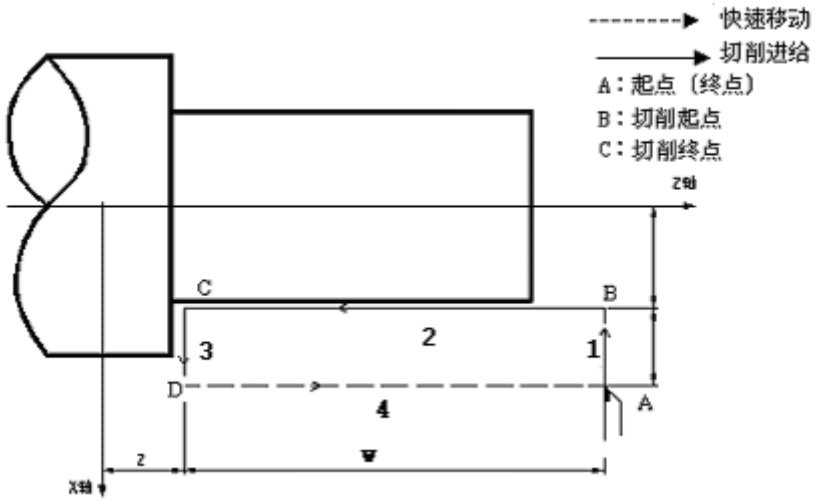


图3-10-1 柱面切削循环

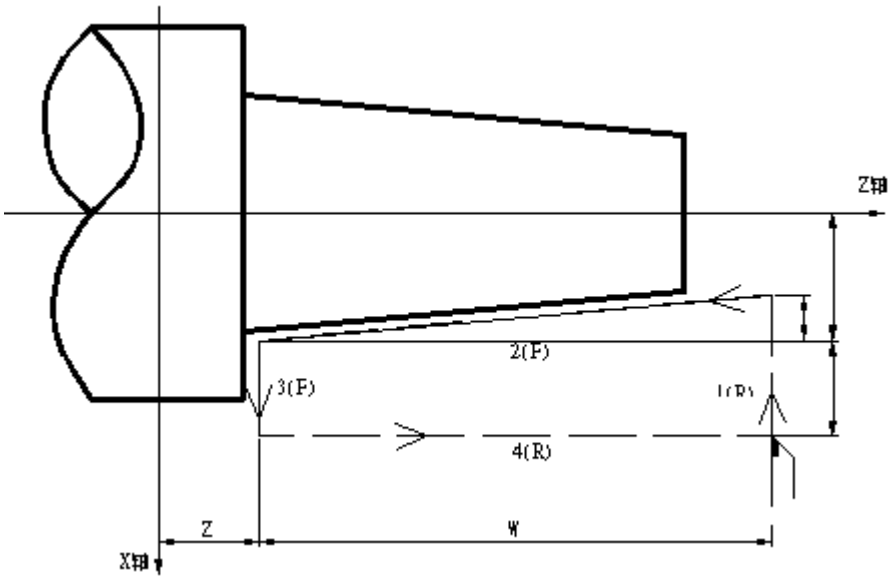


图3-10-2 锥面切削循环

U、W 反应了切削终点与起点的相对位置，按U、W 的符号有四种不同组合，如下图3-10-3所示：

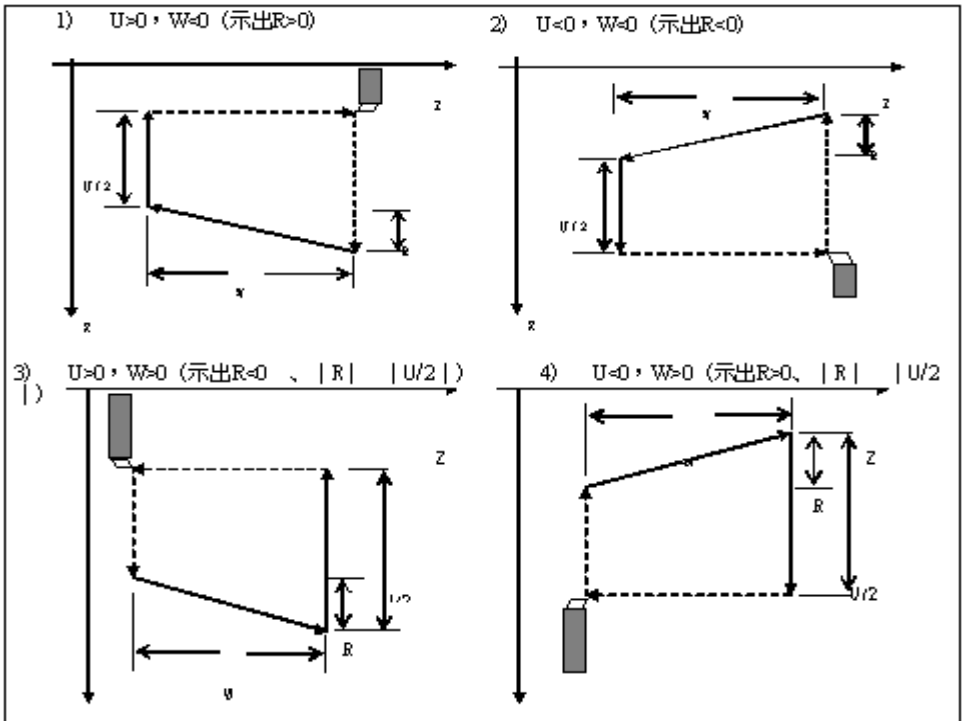


图3-10-3

例图3-10-4:

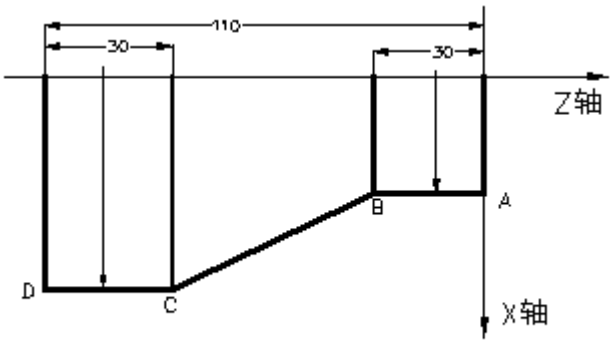


图3-10-4

```
O0001;
M3 S300;
G0 X130 Z5;
G90 X120 Z-110 F200;      (C→D)
X60 Z-30;                 (A→B)
G0 X130 Z80;
G90 X120 Z-80 R-30 F150;  (B→C)
M5 S0;
M30;
```

10.2 螺纹切削循环G92

指令格式：G92 X（U）__ Z（W）__ F__；　　（公制直螺纹切削循环）

G92 X（U）__ Z（W）__ I__；　　（英制直螺纹切削循环）

G92 X（U）__ Z（W）__ R__ F__；　（公制锥螺纹切削循环）

G92 X（U）__ Z（W）__ R__ I__；　（英制锥螺纹切削循环）

切削起点：螺纹插补的起始位置；

切削终点：螺纹插补的结束位置；

X：切削终点X轴绝对坐标；

U：切削终点与起点X轴方向绝对坐标的差值；

Z：切削终点Z轴绝对坐标；

W：切削终点与起点Z轴方向绝对坐标的差值；

R：切削起点与切削终点X轴方向绝对坐标的差值（半径值）当R与U的符号不一致时，要求R｜≤｜U/2｜。

F：0.001～500 mm，公制螺纹螺距，F指令值执行后保持，可省略输入；

I：0.06～25400牙/英寸，英制螺纹每英寸牙数，I指令值执行后不保持，不可省略输入；

循环过程：①X轴从起点快速移动到切削起点；

②从切削起点螺纹插补到切削终点；

③X轴以快速移动速度退刀（与①方向相反）返回到X轴绝对坐标与起点相同处；

④Z轴快速移动返回到起点，循环结束。见下图

G92为模态指令，指令的起点和终点相同，径向（X轴）进刀、轴向（Z轴或X、Z轴同时）切削， 实现等螺距的直螺纹、锥螺纹切削循环。执行 G92 指令，在螺纹加工结束前有螺纹退尾过程：在距离螺纹切削终点固定长度处（称为螺纹的退尾长度），在 Z 轴继续进行螺纹插补的同时，X 轴沿退刀方向指数式加速退出，Z轴到达切削终点后，X轴再以快速移动速度退刀（循环过程③）。

G92 指令的螺纹退尾功能可用于加工没有退刀槽的螺纹，但仍需要在实际的螺纹起点前留出螺纹引入长度。

G92指令可以分多次进刀完成一个螺纹的加工，但不能实现2个连续螺纹的加工，也不能加工端面螺纹。G92指令螺纹螺距的定义与G32一致，螺距是指主轴转一圈长轴的位移量（X 轴位移量按半径值）

G92螺纹切削注意事项：

- 机床必须安装主轴编码器才能进行螺纹切削，主轴编码器与主轴的传动比应为1：1，主 轴编码器输出90° 相位差的A/B差分信号和Z信号（转信号）切削螺纹时，系统收到主轴编码器Z信号 才开始螺纹加工。因此只要不改变主轴转速，可以用多个联系的G92程序段分粗车、精车多次切削完 成同一螺纹的加工。
- 由于在螺纹切削的开始及结束部分X轴、Z轴有加减速过程，此时的螺距误差较大，G92指令的螺纹退 尾功能可用于加工没有退刀槽的螺纹，但仍需要在实际的螺纹起点前留出螺纹引入长度
- G92的起点、切削终点和螺纹螺距确定的条件下，螺纹切削时X轴、Z轴的移动速度由主轴转速决定，与切削进给速度倍率无关。螺纹切削时主轴倍率控制有效，主轴转速发生变化时，由于X轴、Z轴加减速的原因会使螺距误差增大，因此，螺纹切削时不要进行主轴转速调整，更不要停止主轴（主轴停止将导致刀具和工件损坏）。
- 在螺纹切削时执行进给保持操作后，螺纹切削不停止。
- 单程序段运行在螺纹切削时无效，在执行完螺纹切削循环中的第一个非螺纹切削动作后运行暂停。系统复位、急停或驱动报警时，螺纹切削立即停止。

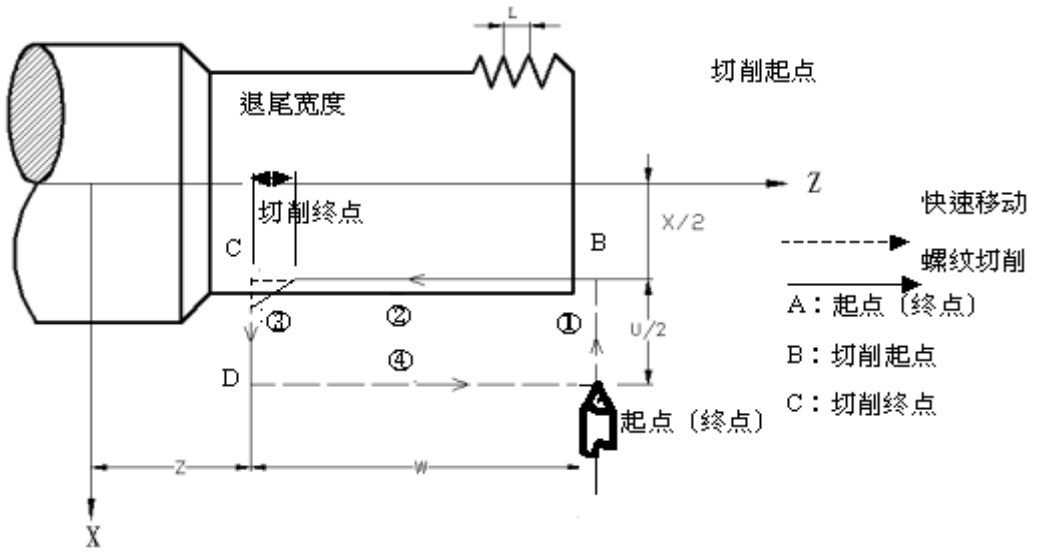


图3-10-5

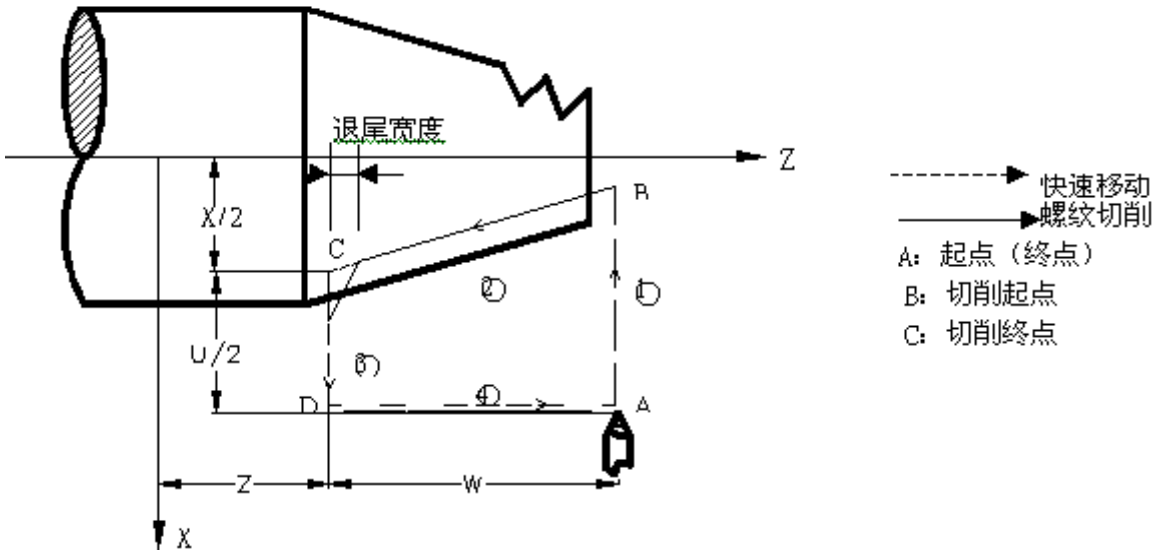


图3-10-6

例图3-10-7:

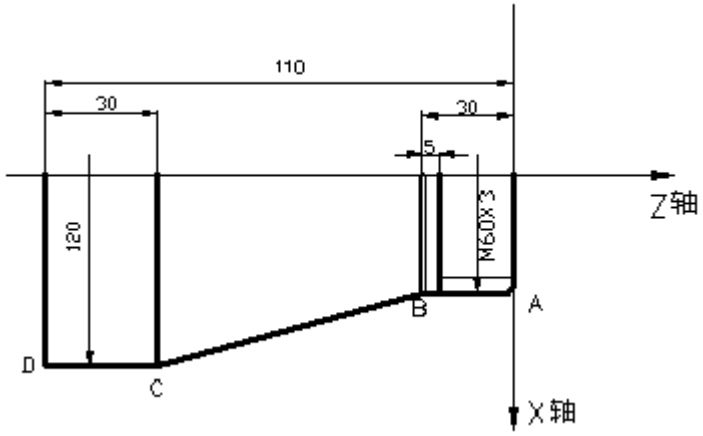


图3-10-7

程序：

```
O0001;
M3 S300;
G0 X150 Z50;
T0101; （外圆车刀）
G0 X130 Z5;
G90 X120 Z-110 F200; （C→D）
X60 Z-30; （A→B）
G0 X130 Z80;
G90 X120 Z-80 R-30 F150; （B→C）
G0 X150 Z150;
T0202; （螺纹刀）
G0 X65 Z5;
G92 X58.5 Z-25 F3; （加工螺纹，第一次进刀1.5mm）
X57.5 Z-25; （第二次1mm）
X56.5 Z-25; （第三次0.5mm）
X56 Z-25; （第四次0.5mm）
M5 S0; （主轴停止，关闭模拟量的输出）
M30;
```

10.3 径向切削循环G94

指令格式：G94 X（U）__ Z（W）__ F__; （端面切削）

G94 X（U）__ Z（W）__ R__ F__;（锥度端面切削）

切削起点：直线插补（切削进给）的起始位置;

切削终点：直线插补（切削进给）的结束位置;

X：切削终点X轴绝对坐标;

U：切削终点与起点X轴绝对坐标的差值;

Z：切削终点Z轴绝对坐标;

W：切削终点与起点Z轴绝对坐标的差值;

R：切削起点与切削终点Z轴绝对坐标的差值，当R与U的符号不同时，要求｜R｜≤｜W｜。

循环过程：①Z轴从起点快速移动到切削起点；
②从切削起点直线插补（切削进给）到切削终点；
③Z轴以切削进给速度退刀（与①方向相反）返回到Z轴绝对坐标与起点相同处；
④X轴快速移动返回到起点，循环结束。见下图

G94为模态指令，指令的起点和终点相同，轴向（Z轴）进刀、径向（X轴或X、Z轴同时）切削，实现端面或锥面切削循环。

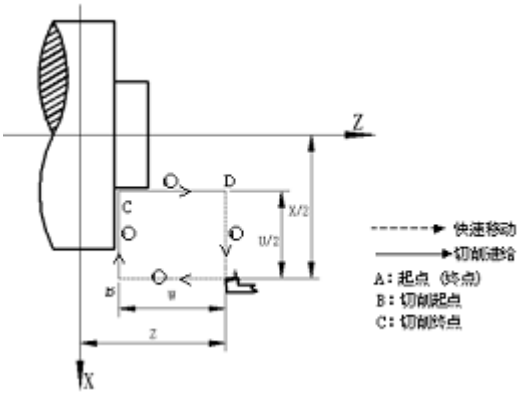


图3-10-8

U、W 反应了切削终点与起点的相对位置，按U、W 的符号有四种不同组合，如图3-10-9所示：

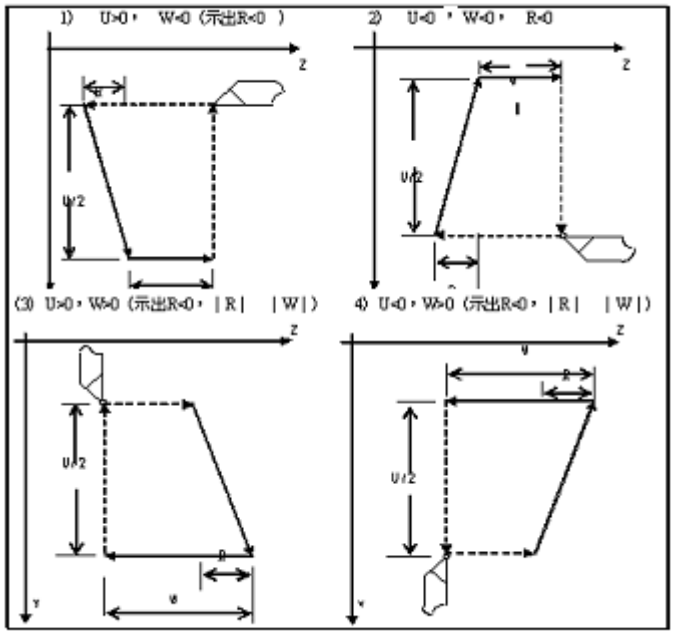


图3-10-9

10.4固定循环指令的注意事项

1）在固定循环指令中， X（U）Z（W）R 一经执行，在没有执行新的固定循环指令重新给定X（U） Z（W）R 时，X（U）Z（W）R 的指令值保持有效。如果执行了执行了G00、G01、G02、G03、G32 时，X（U）Z（W）R 保持的指令值被清除；

2）在G90、G92 或G94 程序段的下一程序段为无移动的指令字时，执行该无移动的程序段时，G90、 G92 或G94 程序段的动作会再次执行，为避免出现这种情况，必须在固定循环指令之后用其它的G 指令取消循环动作；

（例）

```
M3；（开启主轴）
…
G90 X200.0 Z10.0 F2000;
X205.0（重复执行G90 一次）
X206.0 Z20.0（重复执行G90 一次）
…
```

3）若固定循环指令与 M，S，T 指令共段，循环指令可以和 M，S，T 指令同时进行。但如果象下述例 子那样指令 M，S，T 后取消了固定循环（由于指令 G00，G01）时，必须再次指令固定循环指令。

（例）

```
N003 T0101;
…
N010 G90 X20.0 Z10.0 F2000;
N011 G00 T0202;
N012 G90 X20.5 Z10.0;
```

11. 多重循环指令

G代码	功能	格式
G70	精加工循环G70	G70 P（ns） Q（nf）;
G71	轴向粗车循环G71	G71 U（Δd） R（e） F__ S__ T__ ; G71 P（ns） Q（nf） U（Δu） W（Δw）;
G72	径向粗车循环G72	G72 W（Δd） R（e） F__ S__T__ ; G72 P（ns） Q（nf） U（Δu） W（Δw）;
G73	封闭切削循环G73	G73 U（Δi） W （Δk） R （d） F_ S_ T_ ; G73 P（ns） Q（nf） U（Δu） W（Δw） ;
G74	轴向切槽多重循环G74	G74 R（e ） ; G74 X（U）_ Z（W）_ P（Δi）Q（Δk） R （Δd） F_ ;
G75	径向切槽多重循环G75	G75 R（e ） ; G75 X（U）_ Z（W）_ P（Δi） Q（Δk） R（Δd） F_ ;
G76	多重螺纹切削循环G76	G76 P（m） （r） （a） Q（△dmin） R（d）; G76 X(U)_ Z(W)_ R(i) P(k) Q(△d) F（I） ;

11.1 轴向粗车循环G71

指令格式：G71 U（Δd） R （e） F__ S__ T__ ；

G71 P（ns） Q（nf） U（Δu） W（Δw）；

N（ns） . . . . . ；

. . . . . F_；

. . . . . S_；

. . . . . T_；

. . . . . ；

N（nf）. . . . . ；

指令意义：

U（Δd） ：粗车时X轴的单次进刀量（单位：mm，半径值）无符号，进刀方向由ns程序段的移动方向决定。U（Δd） 执行后，指令值（Δd）保持，并把系统参数NO.051的值修改为ΔdX1000（单位：0.001mm）。未输入U（Δd） 时，以系统参数NO.051的值作为进刀量。

R （e） ：粗车时X轴的单次退刀量（单位：mm，半径值）无符号，退刀方向与进刀方向相反，R （e） 执行后，指令值（e） 保持，并把系统参数NO.052的值修改为（e）X1000单位：0.001 mm）未输入R （e）时，以系统参数NO.052的值作为退刀量。

P（ns） ：精车轨迹的第一个程序段的程序段号。

Q（nf） ：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号。

U（Δu） ：X轴的精加工余量（单位：mm）粗车轮廓相对于精车轨迹的X轴坐标偏移，即：A’点与A点X轴绝对坐标的差值。U（Δu）未输入时，系统按Δu=0处理，即：粗车循环X轴不留精加工余量。

W（Δw） ：Z轴的精加工余量（单位：mm）粗车轮廓相对于精车轨迹的Z轴坐标偏移，即：A’点与A点 Z轴绝对坐标的差值。 W（Δw）未输入时，系统按Δw=0处理，即：粗车循环Z轴不留精加工余量。

F ：切削进给速度。

S ：主轴转速。

T ：刀具号、刀具偏置号。

指令执行过程：

① 从起点A点快速移动到A’点，X 轴移动Δu、Z 轴移动Δw；

② 从A’点X 轴移动Δd（进刀）ns 程序段是G0 时按快速移动速度进刀，ns 程序段是G1 时按G71 的切削进给速度F 进刀，进刀方向与A点→B 点的方向一致；

③ Z 轴切削进给到粗车轮廓，进给方向与B 点→C 点Z 轴坐标变化一致；

④ X 轴、Z 轴按切削进给速度退刀(e)（45° 直线），退刀方向与各轴进刀方向相反；

⑤ Z 轴以快速移动速度退回到与A’点Z 轴绝对坐标相同的位置；

⑥ 如果X 轴再次进刀(Δd+e)后，移动的终点仍在A’点→B’点的连线中间（未达到或超出B’点） X轴再次进刀(Δd+e)，然后执行③；如果X 轴再次进刀(Δd+e)后，移动的终点到达B’点或超 出了A’点→B’点的连线，X 轴进刀至B’点，然后执行⑦；

⑦ 沿粗车轮廓从B’点切削进给至C’点；

⑧ 从C’点快速移动到A 点，G71循环执行结束，程序跳转到nf 程序段的下一个程序

段执行。加工轨迹如图3-11-1所示

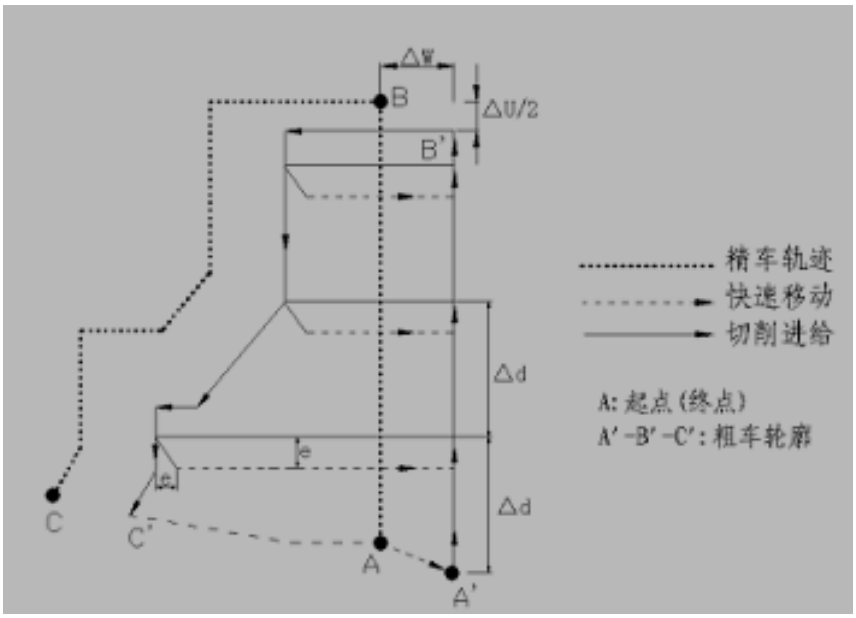


图3-11-1 G71指令运行轨迹

说明：

- ns～nf程序段必须紧跟在G71程序段后编写,系统不执行在G71程序段与ns程序段之间编写的程序段。
- 执行G71时，ns～nf程序段仅用于计算粗车轮廓，程序段并未被执行。ns～nf程序段中的F、S、T指令在执行G71时无效，此时G71程序段的F、S、T指令有效。按ns～nf程序段执行G70精加工循环时， ns～nf程序段中的F、S、T指令有效。
- u、Δw反应了粗车的坐标偏移和切入方向，按Δu、Δw的符号有四种不同组合，见图3-27，图中：A→B→C为精车轨迹，A'→B'→C'为粗车轮廓，A为起点。本系统支持(Δu>0、Δw ＞ 0， Δu ＞ 0、Δw ＜ 0)两种情况。
-

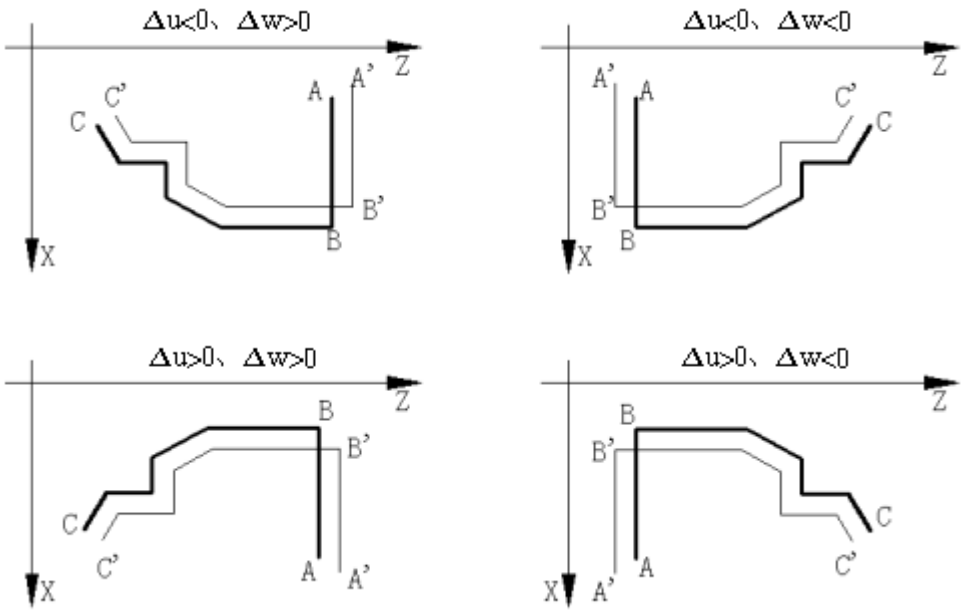


图3-11-2

- ns程序段只能是不含Z（W）指令字的G00、G01指令，否则报警；
- 精车轨迹（ns～nf程序段），X轴、Z轴的尺寸都必须是单向变化（一直增大或一直减小）；
- ns～nf程序段中，不能有下列指令：
  ※ 除G04（暂停）外的其它00组G指令
  ※ 除G00，G01，G02，G03外的其它01组G指令
  ※ 子程序调用指令（如M98/M99）
- 在录入方式中不能执行G71指令，否则产生报警；
- 在G71指令执行过程中，不可以切换运行方式，若要切换方式请先停止自动运行。
- 单程序段状态运行时，一个粗车动作（进刀→切削→退刀→返回）完成后程序暂停。

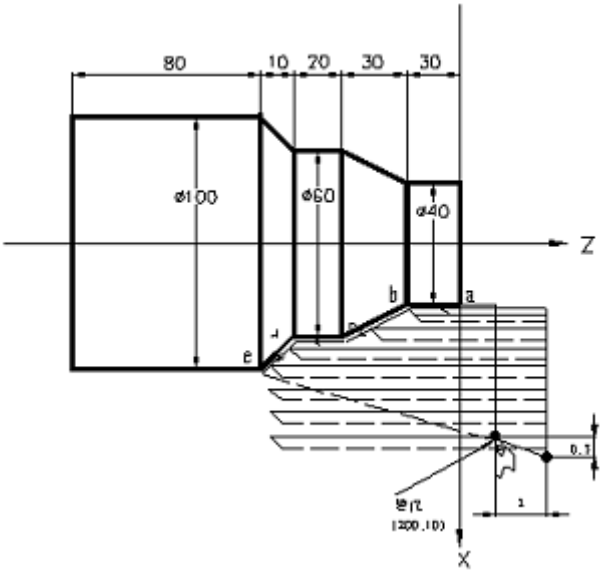


图3-11-3

```
O0001;
N010 G50 X220.0 Z50;（设定坐标系）
N020 M3 S300;（主轴正转，转速；300转/分钟）
N030 M8;（开冷却）
N040 T0101;（调入粗车刀）
N050 G00 X200.0 Z10.0;  （快速移动，接近工件）
N060 G71 U0.5 R0.5;（每次切深1mm[直径]，退刀1mm）
N070 G71 P080 Q120 U0.5 W0.5 F100 S200;（对a---d粗车加工，余量X方向0.5mm，Z方向0.5mm）
N080 G00 X40.0;（定位到X40）
N090 G01 Z-30.0 F100 S200;  （a→b）
N100 X60.0 W-30.0;  （b→c）
N110 W-20.0;  （c→d）
N120 X100.0 W-10.0;  （d→e）
N130 G00 X220.0 Z50.0;  （快速退刀到安全位置）
N140 T0202;（调入2号精加工刀，执行2号刀偏）
N160 G70 P80 Q120;（对a---d精车加工）
N170 G00 X220.0 Z50.0 M05 S0;  （快速回安全位置，关主轴，停转速）
N180 M09;（关闭冷却）
N190 T0100;（换回基准刀，清刀偏）
```

精加工路线a→b→c→d→e程序段

N200 M30;（程序结束）

11.2 径向粗车循环G72

指令格式：G72 W（Δd） R（e） F__ S__ T_ ；

G72 P（ns） Q（nf） U（Δu） W（Δw）；

N（ns）．．．．．；

．．．．．．．．．；

．．．．F_；

．．．．S_；

．．．．T_；

N（nf）．．．．．；

(3)

指令意义：

W（Δd）：粗车时Z轴的单次进刀量（单位：mm）无符号，进刀方向由ns程序段的移动方向决定。W（Δd）执行后，指令值Δd保持，并把系统参数NO.051的值修改为Δd×1000（单位：0.001 mm）。未输入W（Δd）时，以系统参数NO.051的值作为进刀量。

R（e）：粗车时Z轴的单次退刀量（单位：mm）无符号，退刀方向与进刀方向相反，R（e）执行后，指令值（e）保持，并把系统参数NO.052的值修改为e×1000（单位：0.001 mm）。未输入R（e）时，以系统参数NO.052的值作为退刀量。

P（ns）：精车轨迹的第一个程序段的程序段号。

Q（nf）：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号。

U（Δu）：粗车时X轴预留的精加工余量（粗车轮廓相对于精车轨迹的X轴坐标偏移，即：A'点与A点X轴绝对坐标的差值，单位：mm）

W（Δw）：粗车时Z轴预留的精加工余量（粗车轮廓相对于精车轨迹的Z轴坐标偏移，即：A'点与A点Z轴绝对坐标的差值，单位：mm）

F：切削进给速度。

S：主轴转速。

T：刀具号、刀具偏置号。

指令执行过程：

① 从起点A点快速移动到A’点，X 轴移动Δu、Z 轴移动Δw；

② 从A’点Z轴移动Δd（进刀），ns 程序段是G0 时按快速移动速度进刀，ns 程序段是G1 时按G72 的切削进给速度F进刀，进刀方向与A 点→B 点的方向一致；

③ X轴切削进给到粗车轮廓，进给方向与B点→C点X轴坐标变化一致；

④ X 轴、Z 轴按切削进给速度退刀（e）（45° 直线），退刀方向与各轴进刀方向相反；

⑤ X轴以快速移动速度退回到与A’点X 轴绝对坐标相同的位置；

⑥ 如果Z轴再次进刀(Δd+e)后，移动的终点仍在A’点→B’点的连线中间（未达到或超出B’点） Z 轴再次进刀(Δd+e)，然后执行③；如果Z 轴再次进刀(Δd+e)后，移动的终点到达B’点或超 出了A’点→B’点的连线，Z轴进刀至B’点，然后执行⑦；

⑦ 沿粗车轮廓从B’点切削进给至C’点；

⑧ 从C’点快速移动到A 点，G72 循环执行结束，程序跳转到nf 程序段的下一个程序段执行。加工轨迹如图3-11-4所示

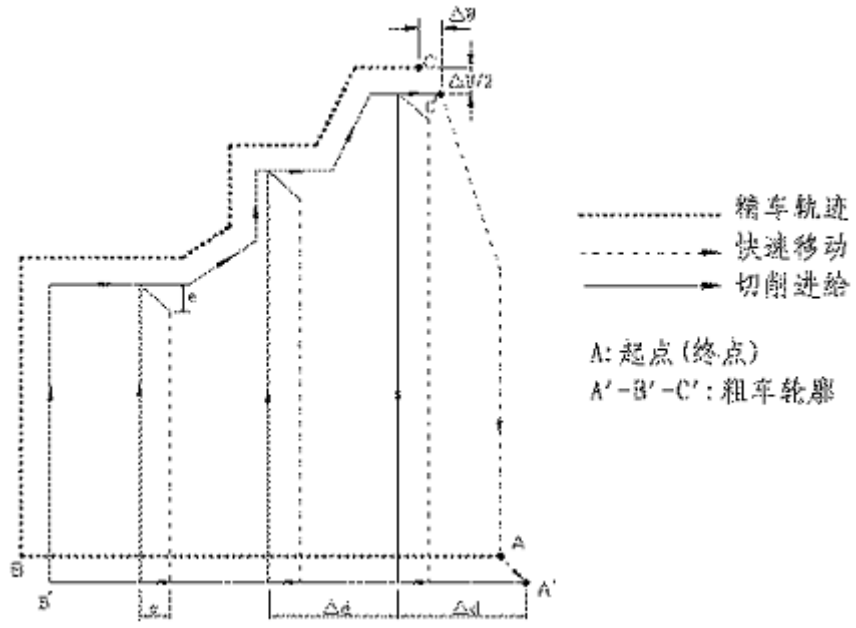


图3-11-4

说明：

- ns～nf程序段必须紧跟在G72程序段后编写,系统不执行在G72程序段与ns程序段之间编写的程序段。
- 执行G72时，ns～nf程序段仅用于计算粗车轮廓，程序段并未被执行。ns～nf程序段中的F、S、T指 令在执行G72时无效，此时G72程序段的F、S、T指令有效。按ns～nf程序段执行G70精加工循环时， ns～nf程序段中的F、S、T指令有效。
- △u、△w反应了粗车的坐标偏移和切入方向,按△u、△w的符号有四种不同组合,见图3-30,图中：A→B→C为精车轨迹，A'→B'→C'为粗车轮廓，A为起点。本系统支持(△u>0、△w＞0, △u ＞ 0、△w ＜ 0)两种情况。

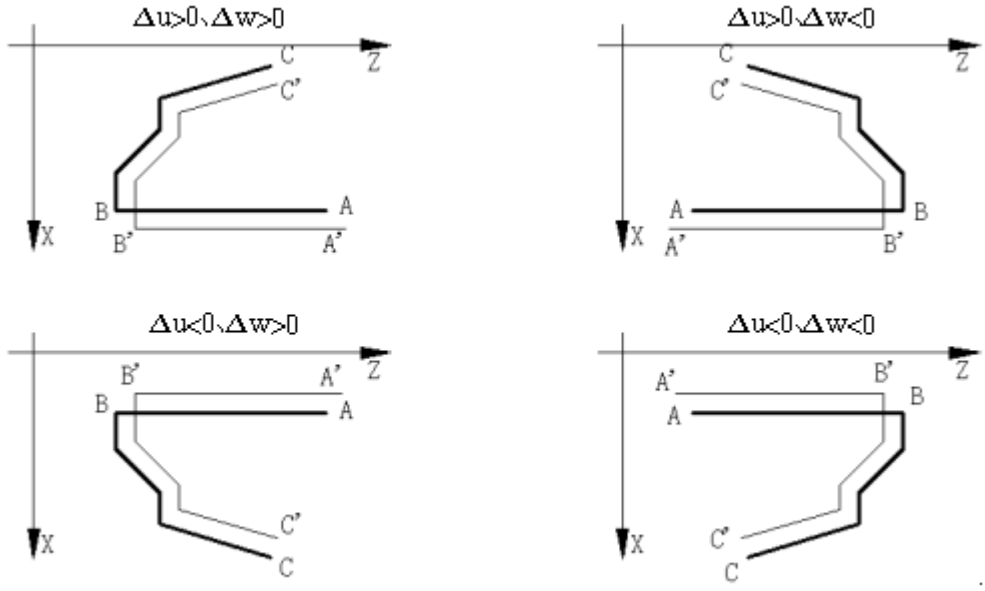


图 3-11-5 G72指令轨迹的四种形状

- ns程序段只能是不含X（U）指令字的G00、G01指令，否则P/S 065报警；
- 精车轨迹（ns～nf程序段），X轴、Z轴的尺寸都必须是单向变化（一直增大或一直减小）；
- ns～nf程序段中，不能有下列指令。
  除G04（暂停）外的其它00组G指令
  除G00，G01，G02，G03外的其它01组G指令

子程序调用指令（如M98/M99）

- 在录入方式中不能执行G72指令，报警。
- 在G72指令执行过程中，不可以切换运行方式，若要切换方式请先停止自动运行。

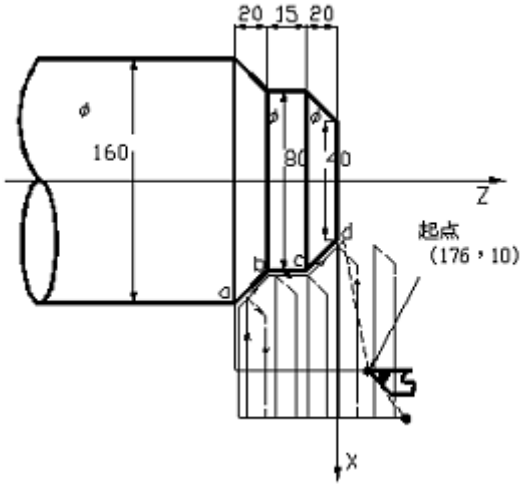


图3-11-6

```
O0002;
G50 X220.0 Z50.0 ;   （设定工件坐标系）
T0202;               （换2号刀，执行2号刀偏）
M03 S200;            （主轴正转，转速200）
N020 G00 X176.0 Z10.0;（快速移动，接近工件）
N030 G72 W1.0 R0.5;  （进刀量1mm，退刀量0.5mm）
N040 G72 P050 Q090 U1 W0.5 F100 S200;（对a--d粗车，X留1mm，Z留0.5mm余量）

N050 G00 Z-55.0 S200 ;（快速移动）
N060 G01 X40.0 F120;（进刀至a点）
N070 X80.0 W-20.0;（加工a—b）                    } 精加工路线程序段
N080 W-15.0;（加工b—c）
N090 X160.0 W-20.0  ;（加工c—d）
N100 G0 X220.0 Z50.0;（快速退刀至安全位置）
N105 T0303;（换3号刀，执行3号刀偏）
N110 G70 P050 Q090;（精加工a—d）
N120 G0 X220.0 Z50.0;（快速返回起点）
N130 M5 S0 T0200;（停主轴，换2号刀，取消刀补）
N140 M30;（程序结束）
N141%
```

11.3 封闭切削循环G73

指令格式：

G73 U（Δi） W （Δk） R （d） F _ S_ T_ ；
G73 P（ns） Q（nf） U（Δu） W（Δw） ；

N（ns） . . . . . ；
. . . . . ；
. . . . F；
. . . . S；
. . . . T；
(3)
N
（nf）. . . . . ；

指令意义：

粗车轨迹：为精车轨迹的一组偏移轨迹，粗车轨迹数量与切削次数相同。坐标偏移后精车轨迹的A、B、C点分别对应粗车轨迹的A_n、B_n、C_n点（n为切削的次数，第一次切削表示为A_1、B_1、C_1点，最后一次表示为A_d、B_d、C_d点）。第一次切削相对于精车轨迹的坐标偏移量为（Δi×2+Δu，Δw+Δk）（按直径编程表示），最后一次切削相对于精车轨迹的坐标偏 移量为（Δu，Δw），每一次切削相对于上一次切削轨迹的坐标偏移量为：

$$-\frac{\Delta i X2}{1000Xd-1},-\frac{\Delta k}{1000Xd-1}$$

U（Δi）：X轴粗车退刀量（单位：mm，半径值），Δi等于A_1点相对于A_d点的X轴坐标偏移量（半径值），粗车时X轴的总切削量（半径值）等于|Δi|，X轴的切削方向与Δi的符号相反：Δi＞0，粗车 时向X轴的负方向切削。Δi指令值执行后保持，并把系统参数NO.053的值修改为Δi×1000（单位：0.001 mm）。未输入U（Δi）时，以系统参数NO.053的值作为X轴粗车退刀量。

W（Δk）：Z轴粗车退刀量（单位：mm），Δk等于A1点相对于A_d点的Z轴坐标偏移量，粗车时Z轴的总切削量等于|Δk|，Z轴的切削方向与Δk的符号相反：Δk＞0，粗车时向Z轴的负方向切削。 Δk指令值执行后保持，并把系统参数NO.054的值修改为Δk×1000（单位：0.001 mm）。未输 入W（Δk）时，以系统参数NO.054的值作为Z轴粗车退刀量。

R （d）：切削的次数（单位：千次），R0.005表示5次切削完成封闭切削循环。R （d）指令值执行后保持， 并将系统参数NO.055的值修改为d×1000（单位：次）。未输入R （d）时，以系统参数NO.055 的值作为切削次数。

P（ns）：精车轨迹的第一个程序段的程序段号。

Q（nf）：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号。

U（Δu）：X轴的精加工余量（单位：mm）最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹的X轴坐标偏移，即： A_1点相对于A点X轴绝对坐标的差值。Δu＞0，最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹向X轴的正 方向偏移。未输入U（Δu）时，系统按Δu=0处理，即：粗车循环X轴不留精加工余量。

W（Δw）：Z轴的精加工余量（单位：mm）最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹的Z轴坐标偏移，即： A1点相对于A点Z轴绝对坐标的差值。Δw＞0，最后一次粗车轨迹相对于精车轨迹向Z轴的正 方向偏移。未输入W（Δw）时，系统按Δw=0处理，即：粗车循环Z轴不留精加工余量。

F：切削进给速度。

S：主轴转速。

T：刀具号、刀具偏置号。

指令执行过程：

① A→A1：快速移动；

② 第一次粗车，A1→B1→C1 ：

A1→B1：ns程序段是G0时按快速移动速度，ns程序段是G1时按G73指定的切削进给速度；

B1→C1：切削进给。

③ C1→A2：快速移动；

④ 第二次粗车，A2→B2→C2 ：

A2→B2：ns 程序段是G0 时按快速移动速度，ns 程序段是G1 时按G73 指定的切削进给速度；

B2→C2：切削进给；

⑤ C2→A3：快速移动；

……

……

⑥第n次粗车，An→Bn→Cn ：

An→Bn：ns 程序段是G0时按快速移动速度，ns程序段是G1时按G73指定的切削进给速度；

Bn→Cn：切削进给。Cn→An+1：快速移动；

……

……

⑦最后一次粗车，Ad→Bd→Cd ：

Ad→Bd：ns程序段是G0时按快速移动速度，ns程序段是G1时按G73指定的切削进给速度；

Bd→Cd：切削进给。Cd→A：快速移动到起点；加工轨迹如图3-11-7所示

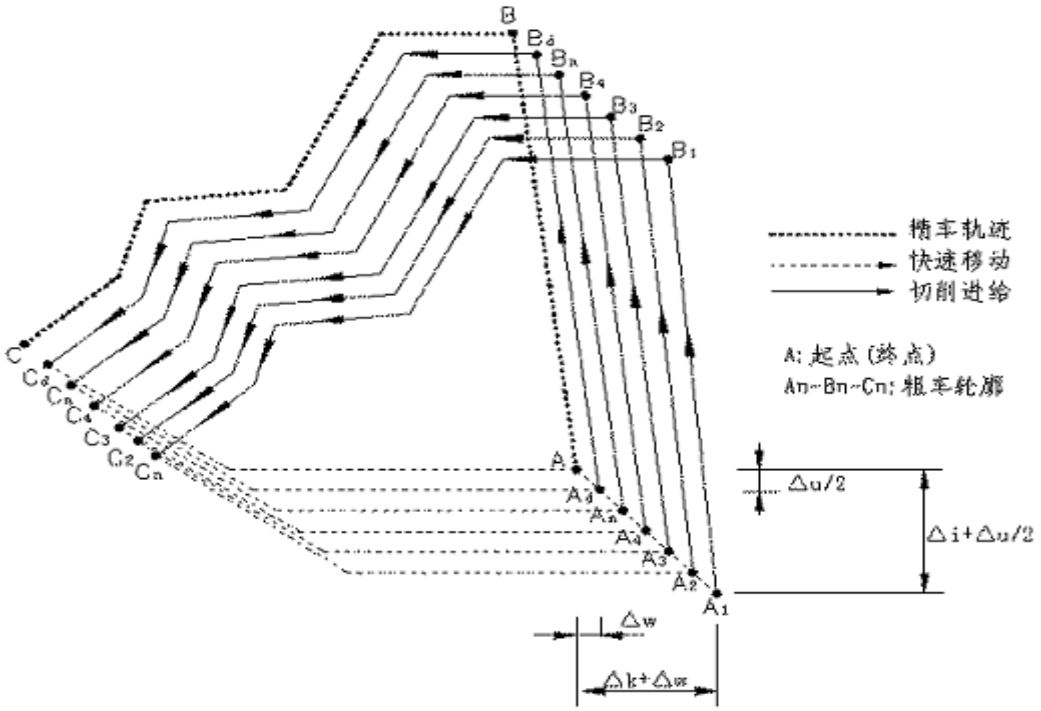


图3-11-7 G73 指令运行轨迹

说明：

- ns～nf程序段必须紧跟在G73程序段后编写,系统不执行在G73程序段与ns程序段之间编写的程序段。
- 执行G73时，ns～nf程序段仅用于计算粗车轮廓，程序段并未被执行。ns～nf程序段中的F、S、T指 令在执行G73时无效，此时G73程序段的F、S、T指令有效。按ns～nf程序段执行G70精加工循环时， ns～nf程序段中的F、S、T指令有效
- ns程序段只能是G00、G01、G02、G03指令；
- ns～nf程序段中，不能有下列指令。
  a） 除G04（暂停）外的其它00组G指令
  b） 除G00，G01，G02，G03外的其它01组G指令
  c） 子程序调用指令（如M98/M99）
- 在G73指令执行过程中，不可以切换方式，若要切换方式请先停止自动运行。

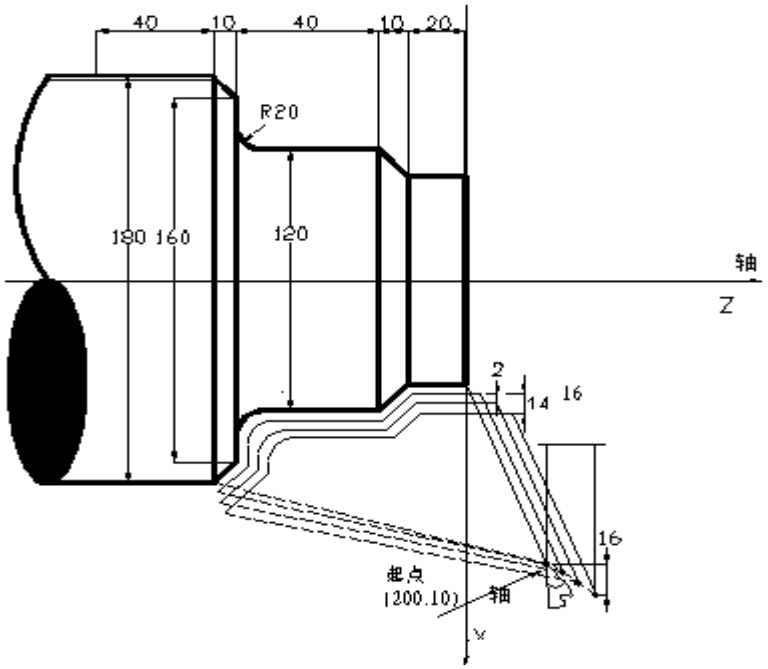


图3-11-8

```
O0010;
N010 G50 X260.0 Z50.0 ;（设置工件坐标系）
N011 G99 G00 X200.0 Z10.0 M03;（指定转进给，快速移动至起点，启动主轴）
N012 G73 U1.0 W1.0 R0.003 ;（X向退刀2mm，Z向退刀1mm）
N013 G73 P014 Q019 U0.5 W0.5 F0.3 S0180 ;（粗车，X留0.5mm，Z留0.5mm精车余量）
N014 G00 X80.0 W-40.0 ;
N015 G01 W-20.0 F0.15 S0600 ;
N016 X120.0 W-10.0 ;
N017 W-20.0 S0400 ;
N018 G02 X160.0 W-20.0 R20.0 ;
N019 G01 X180.0 W-10.0 S0280 ;
N020 M05 S0;（停主轴）
N021 G0 X260.0 Z50.0;（快速移动）
N022 M30;（程序结束）
N023%
```

精加工形状程序段

11.4 精加工循环G70

指令格式：G70 P（ns） Q（nf）；

P（ns）：精车轨迹的第一个程序段的程序段号；

Q（nf）：精车轨迹的最后一个程序段的程序段号；

指令功能：刀具从起点位置沿着ns～nf程序段给出的工件精加工轨迹进行精加工。在G71、G72或G73进行粗加工后，用G70指令进行精车，单次完成精加工余量的切削。G70循环结束时，刀具返回到起点并执行G70程序段后的下一个程序段。

G70指令轨迹由ns～nf之间程序段的编程轨迹决定。ns、nf 在G70～G73程序段中的相对位置关系如下：

```
. . . . . G71/G72/G73 ……;
N（ns） . . . . . .
. . . . . .
    • F_
    • S_
    • T_
    •
    •
N（nf） … … …
G70 P（ns） Q（nf）;
```

精加工路线程序段

说明：

- 执行G70时，ns～nf程序段中的F、S、T指令有效；
- 在G70指令执行过程中，可以停止自动运行并手动移动，但要再次执行G70循环时，必须返回到手动 移动前的位置。如果不返回就继续执行，后面的运行轨迹将错位。
- ns～nf程序段中，不能有下列指令：
  除G04（暂停）外的其它00组G指令；
  除G00，G01，G02，G03外的其它01组G指令；
  子程序调用指令（如M98/M99）。
- 单程序段状态运行时，整个精加工动作完成后程序暂停。

11.5 轴向切槽多重循环G74

指令格式：

G74 R（e）；

G74 X（U）_ Z（W）_ P（Δi） Q（Δk） R（Δd） F_ ；

指令意义：

径向(X 轴)进刀循环复合轴向断续切削循环：从起点轴向(Z 轴)进给、回退、再进给……直至切削到与切削终点 Z 轴坐标相同的位置，然后径向退刀、轴向回退至与起点 Z 轴坐标相同的位置，完成一次轴向切削循环；径向再次进刀后，进行下一次轴向切削循环；切削到切削终点后，返回起点（G74的起点和终点相同） 轴向切槽复合循环完成。G74的径向进刀和轴向进刀方向由切削终点X（U）、Z（W）与起点的相对位置决定，此指令用于在工件端面加工环形槽或中心深孔，轴向断续切削起到断屑、及时排屑的作用。

相关定义：

轴向切削循环起点：

每次轴向切削循环开始轴向进刀的位置，表示为An(n=1,2,3……)，An 的Z轴坐标与起点A相同，An 与An-1 的X 轴坐标的差值为Δi。第一次轴向切削循环起点A1与起点 A为同一点，最后一次轴向切削循环起点（表示为Af）的X轴坐标与切削终点相同。

轴向进刀终点：

每次轴向切削循环轴向进刀的终点位置，表示为 Bn(n=1,2,3……)，Bn 的 Z轴坐标与切削终点相同，Bn的X轴坐标与An相同，最后一次轴向进刀终点（表示为 Bf）与切削终点为同一点；

径向退刀终点：

每次轴向切削循环到达轴向进刀终点后，径向退刀（退刀量为Δd）的终点位置， 表示为Cn(n=1,2,3……),Cn的Z轴坐标与切削终点相同,Cn与An X轴坐标的差值为Δd；

轴向切削循环终点：

从径向退刀终点轴向退刀的终点位置，表示为 Dn(n=1,2,3……)，Dn 的 Z轴坐标与起点相同，Dn 的X轴坐标与Cn相同（与An X 轴坐标的差值为Δd）

切削终点：X（U）_ Z（W）_ 指定的位置，最后一次轴向进刀终点Bf。

R（e）：每次轴向（Z 轴）进刀后的轴向退刀量（单位：mm）无符号。R（e）执行后指令值保持有效，并把系统参数 NO.056 的值修改为 e×1000（单位：0.001 mm）未输入R（e） 时，以系统参数NO.056 的值作为轴向退刀量。

X ：切削终点Bf 的X 轴绝对坐标值（单位：mm）

U ：切削终点Bf 与起点A 的X 轴绝对坐标的差值（单位：mm）

Z ：切削终点Bf 的Z轴的绝对坐标值（单位：mm）

W ：切削终点Bf 与起点A的Z轴绝对坐标的差值（单位：mm）

P（Δi）：单次轴向切削循环的径向（X 轴）切削量,（单位：0.001mm，半径值）无符号。

Q（Δk）：轴向（Z 轴）切削时，Z轴断续进刀的进刀量,（单位：0.001mm）无符号。

R（Δd）：切削至轴向切削终点后，径向（X 轴）的退刀量（单位：mm,半径值）无符号。省略X（U）和P（Δi）指令字时，默认往正方向退刀。

指令执行过程：

① 从轴向切削循环起点An 轴向(Z轴)切削进给△k，切削终点Z轴坐标小于起点Z轴坐标时，向Z轴负向进给，反之则向Z轴正向进给；

② 轴向（Z轴）快速移动退刀e，退刀方向与①进给方向相反；

③ 如果Z轴再次切削进给(Δk+e),进给终点仍在轴向切削循环起点An 与轴向进刀终

点Bn 之间，Z轴再次切削进给（Δk+e），然后执行②；如果Z轴再次切削进给（Δk+e）后，进给终点到达 Bn 点或不在An 与 Bn 之间，Z轴切削进给至Bn 点，然后执行④；

④ 径向（X轴）快速移动退刀△d（半径值）至Cn 点，Bf 点（切削终点）的X轴坐标小于A点（起 点）X轴坐标时，向X轴正向退刀，反之则向X轴负向退刀；

⑤ 轴向（Z 轴）快速移动退刀至 Dn 点，第 n 次轴向切削循环结束。如果当前不是最后一次轴向切削循环，执行⑥；如果当前是最后一次轴向切削循环，执行⑦；

⑥ 径向（X 轴）快速移动进刀，进刀方向与④退刀方向相反。如果 X 轴进刀(△d+△i)（半径 值）后，进刀终点仍在A点与Af 点（最后一次轴向切削循环起点）之间，X轴快速移动进刀(△d+△i)（半径值）即：Dn→An+1，然后执行①（开始下一次轴向切削循环）；如果X 轴 进 刀(△d+△i) （半径值）后，进刀终点到达Af 点或不在Dn与Af 点之间，X 轴快移动至Af 点，然后执行①，开始最后一次轴向切削循环；

⑦ X轴快速移动返回到起点A，G74 指令执行结束。加工轨迹如图3-11-9所示

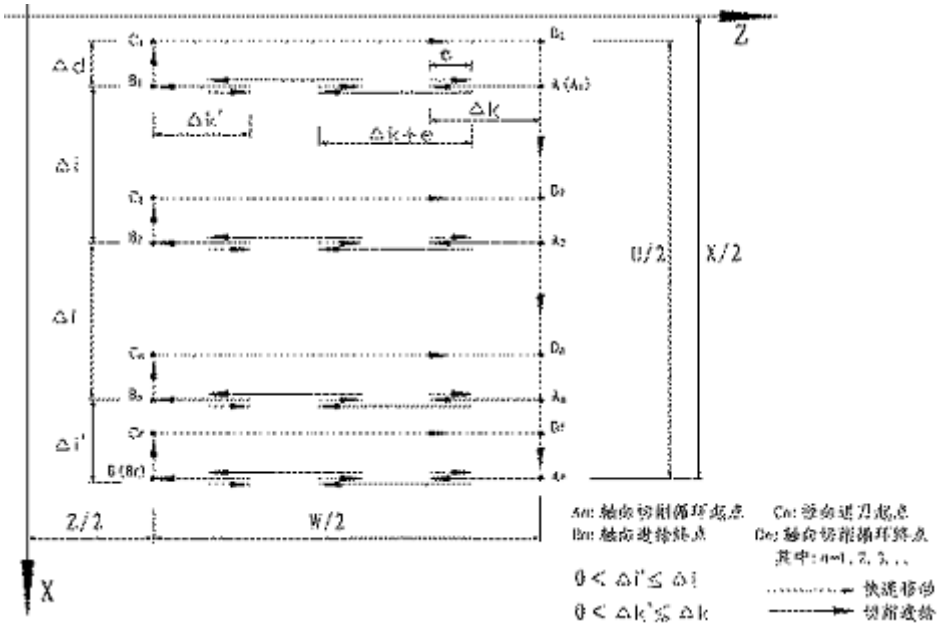


图3-11-9 G74轨迹

说明：

- 循环动作是由含Z（W）和P（Δk）的G74程序段进行的，如果仅执行G74 R（e）程序段，循环动作不进行；
- Δd 和e均用同一地址R指定，其区别是根据程序段中有无Z（W）和P（Δk）指令字；
- 在G74指令执行过程中，可以停止自动运行并手动移动，但要再次执行G74循环时，必须返回到手动
- 移动前的位置。如果不返回就继续执行，后面的运行轨迹将错位。
- 单程序段状态运行时，单次轴向切削循环（An→Bn→Cn→Dn）完成后程序运行暂停。

示例：图3-11-10

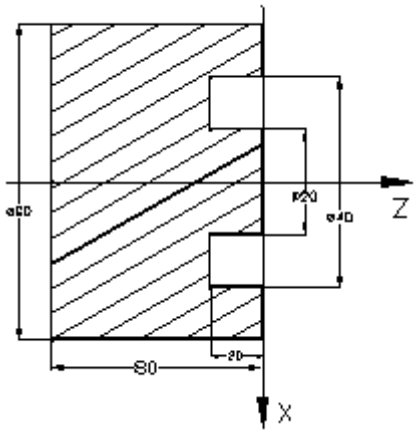


图3-11-10

```
O0001;(程序名)
G50 X100 Z50;(快速移动)
M3 S500;(启动主轴，置转速500)
G0 X40 Z5;(定位到加工起点)
G74 R0.5  ;(加工循环)
G74 X20 Z60 P500 Q500 F50;
G0 Z50;(Z向退刀)
X100;(X向退刀)
M5 S0;(停主轴)
M30;(程序结束)
```

11.6 径向切槽多重循环G75

指令格式：

G75 R（e）;

G75 X（U）_ Z（W）_ P（Δi） Q（Δk） R（Δd） F_ ;

指令意义：

轴向（Z 轴）进刀循环复合径向断续切削循环：从起点径向（X 轴）进给、回退、再进给…… 直至切削到与切削终点X轴坐标相同的位置,然后轴向退刀、径向回退至与起点X 轴坐标相同的位置，完成一次径向切削循环；轴向再次进刀后，进行下一次径向切削循环；切削到切削终点后，返回起点（G75 的起点和终点相同），径向切槽复合循环完成。G75的轴向进刀和径向进刀方向由切削终点 X（U）Z（W）与起点的相对位置决定 ，此指令用于加工径向环形槽或圆柱面，径向断续切削起到断屑、及时排屑的作用。

相关定义：

径向切削循环起点：每次径向切削循环开始径向进刀的位置，表示为 An(n=1,2,3……)，An 的X轴坐标与起点A 相同，An与An-1的Z轴坐标的差值为Δk。第一次径向切削循环起点A1与起点A为同一点，最后一次径向切削循环起点（表示为Af）的Z轴坐标与切削终点相同。

径向进刀终点：

每次径向切削循环径向进刀的终点位置，表示为 Bn(n=1,2,3……)，Bn的 X轴坐标与切削终点相同，Bn的Z轴坐标与An相同，最后一次径向进刀终点(表示为Bf)与切削终点 为

同一点；

轴向退刀终点：

每次径向切削循环到达径向进刀终点后，轴向退刀（退刀量为Δd）的终点位置，表示为C_n(n=1,2,3……)，C_n的X轴坐标与切削终点相同，C_n与An Z轴坐标的差值为Δd；

径向切削循环终点：

从轴向退刀终点径向退刀的终点位置，表示为 D_n(n=1,2,3……)，D_n 的 X 轴坐标与起点相同，D_n的Z 轴坐标与C_n相同（与An Z 轴坐标的差值为Δd）；

切削终点：X（U）Z（W）指定的位置，最后一次径向进刀终点Bf。

R（e）：每次径向（X 轴）进刀后的径向退刀量（单位：mm）无符号。R（e）执行后指令值保持有效，并把系统参数NO.056 的值修改为e×1000（单位：0.001 mm）未输入R（e） 时，以系统参数NO.056 的值作为径向退刀量。

X：切削终点Bf 的X 轴绝对坐标值（单位：mm）

U：切削终点Bf 与起点A 的X 轴绝对坐标的差值（单位：mm）

Z：切削终点Bf 的Z 轴的绝对坐标值（单位：mm）

W：切削终点Bf 与起点A 的Z 轴绝对坐标的差值（单位：mm）

P（Δi）：径向(X轴)进刀时，X 轴断续进刀的进刀量,（单位：0.001mm，半径值）无符号。

Q（Δk）：单次径向切削循环的轴向（Z 轴）进刀量,（单位：0.001mm）无符号。

R（Δd）：切削至径向切削终点后，轴向(Z轴)的退刀量(单位：mm)无符号。省略Z(W)_ 和Q（Δk）默认往正方向退刀。

指令执行过程：

① 从径向切削循环起点An 径向（X轴）切削进给△i，切削终点X轴坐标小于起点X轴坐标时，向X轴负向进给，反之则向X轴正向进给；

② 径向（X轴）快速移动退刀e，退刀方向与①进给方向相反；

③ 如果X轴再次切削进给(Δi+e),进给终点仍在径向切削循环起点An 与径向进刀终点Bn 之间， X轴再次切削进给(Δi+e)，然后执行②；如果X轴再次切削进给(Δi+e)后，进给终点到达 Bn 点或不在An 与 Bn 之间，X轴切削进给至Bn 点，然后执行④；

④ 轴向（Z轴）快速移动退刀△d至Cn 点，Bf 点（切削终点）的Z轴坐标小于A点（起点）Z轴 坐标时，向Z轴正向退刀，反之则向Z轴负向退刀；

⑤ 径向（X 轴）快速移动退刀至 Dn 点，第 n 次径向切削循环结束。如果当前不是最后一次径 向切削循环，执行⑥；如果当前是最后一次径向切削循环，执行⑦；

⑥ 轴向（Z 轴）快速移动进刀，进刀方向与④退刀方向相反。如果 Z 轴进刀(△d+△k)后，进 刀终点仍在A点与Af 点（最后一次径向切削循环起点）之间，Z轴快速移动进刀(△d+△k)， 即：Dn→An+1，然后执行①（开始下一次径向切削循环）；如果Z 轴 进刀(△d+△k)后，进刀 终点到达Af 点或不在Dn与Af 点之间，Z 轴快速移动至Af 点，然后执行①，开始最后一次径 向切削循环；

⑦ Z轴快速移动返回到起点A，G75 指令执行结束。加工轨迹如图3-11-11所示

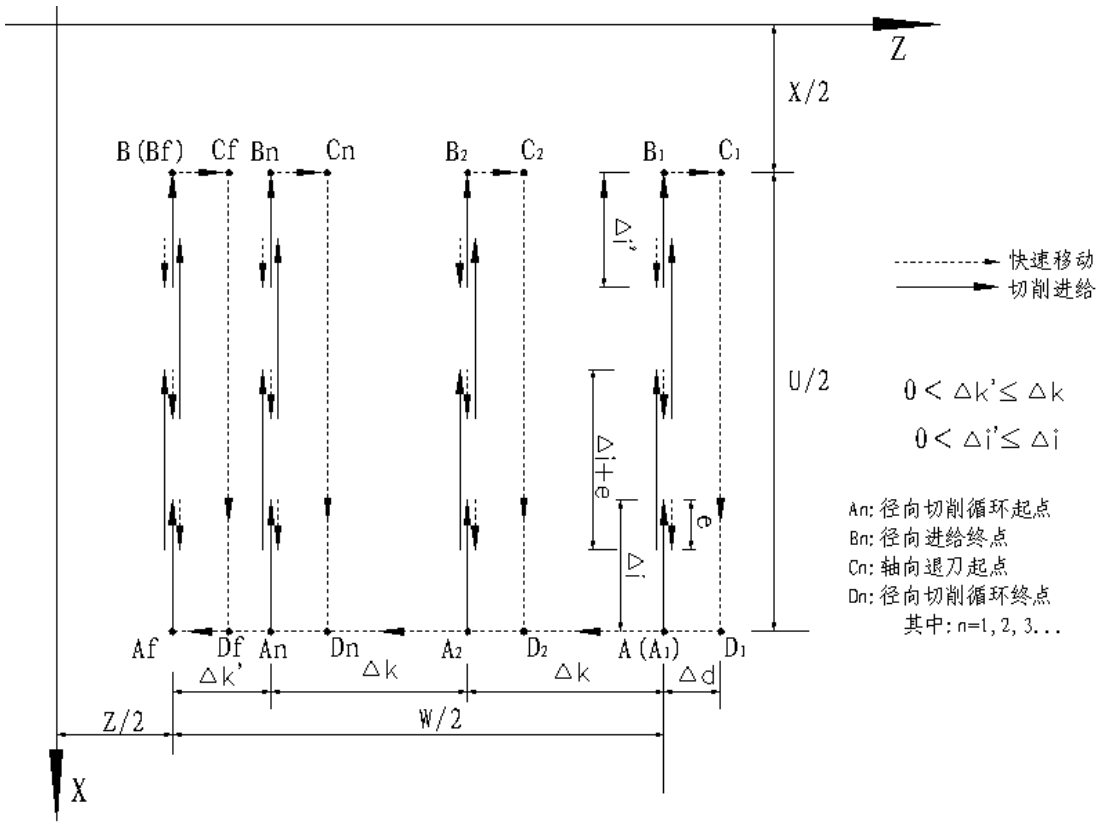


图3-11-11　G75轨迹图

说明：

- 循环动作是由含X（U）和P（Δi）的G75程序段进行的，如果仅执行“G75 R（e）;”程序段，循环 动作不进行；
- Δd 和e 均用同一地址R指定，其区别是根据程序段中有无X（U）和P（Δi）指令字；
- 在G75指令执行过程中，可使自动运行停止并手动移动，但要再次执行G75循环时，必须返回到手动 移动前的位置。如果不返回就再次执行，后面的运行轨迹将错位；
- 单程序段状态运行时，执行一行程序段完成后程序暂停。

示例：如图3-11-12

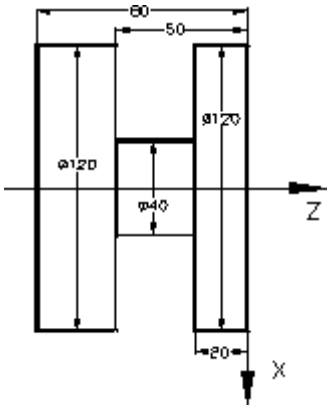


图3-11-12 G75 指令切

削示例图　00001;（程序名）
G50 X150 Z50;（快速移动）
M3 S500;（启动主轴，置转速500）
G0 X125 Z-20;（定位到加工起点）
G75 R0.5 ;（加工循环）
G75 X40 Z-50 P500 Q500 F50;
G0 X150;（X向退刀）

Z50;（Z向退刀）
M5 S0;（停主轴）
M30;（程序结束）

11.7 多重螺纹切削循环G76

指令格式：G76 P（m） （r） （a） Q（△dmin） R（d）；
G76 X(U)_ Z(W)_ R（i） P（k） Q（△d） F（I）；

指令功能：通过多次螺纹粗车、螺纹精车完成规定牙高（总切深）的螺纹加工，如果定义的螺纹角度不为 0°，螺纹粗车的切入点由螺纹牙顶逐步移至螺纹牙底，使得相邻两牙螺纹的夹角为规定 的螺纹角度。G76 指令可加工带螺纹退尾的直螺纹和锥螺纹，可实现单侧刀刃螺纹切削，吃刀量逐渐减少，有利于保护刀具、提高螺纹精度。G76 指令不能加工端面螺纹。加工轨迹如图3-11-13所示

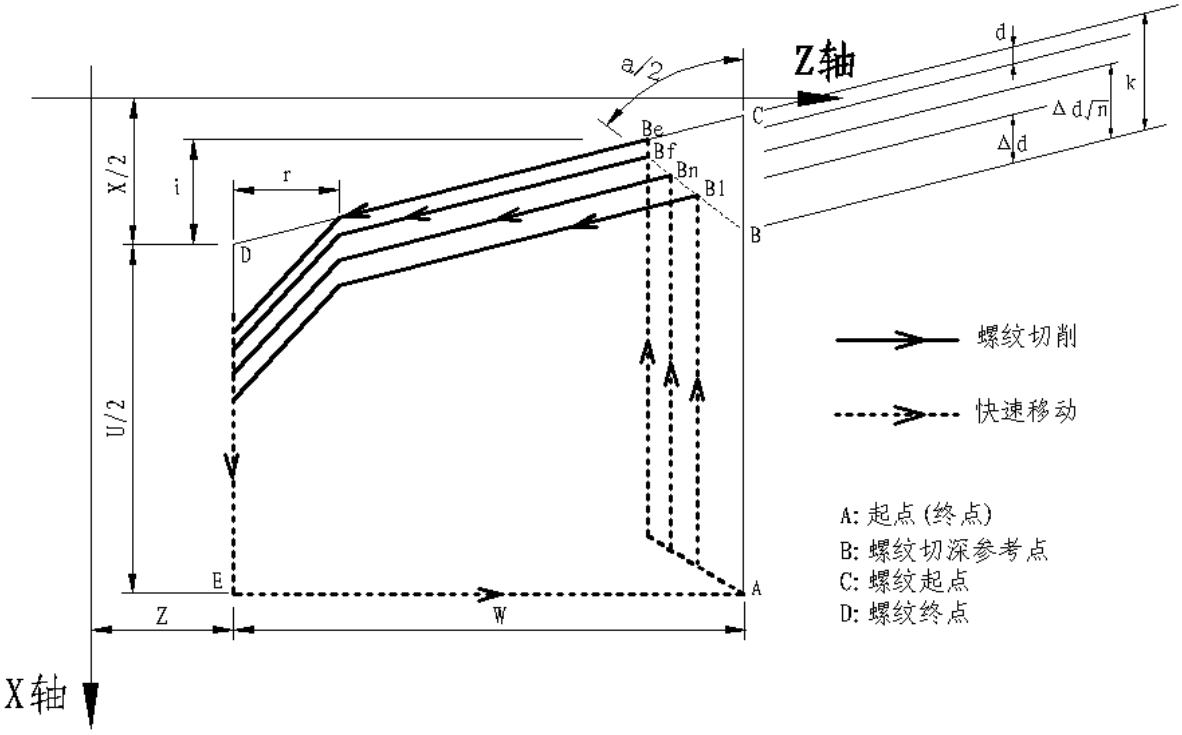


图3-11-13

切入方法的详细情况见图3-11-14

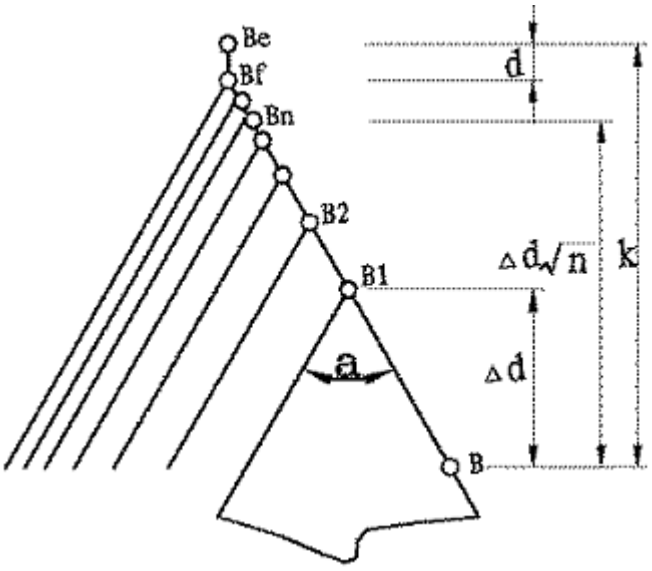


图3-11-14

相关定义：

起点（终点）：程序段运行前和运行结束时的位置，表示为A点；

螺纹终点：由X（U）__Z(W)__ 定义的螺纹切削终点，表示为D 点。如果有螺纹退尾，切削时不会到达这一点；

螺纹起点：Z 轴绝对坐标与A 点相同、X 轴绝对坐标与D 点X 轴绝对坐标的差值为i（螺纹锥度、 半径值）表示为C 点。如果定义的螺纹角度不为0°，切削时并不能到达C 点；螺纹切深参考点：Z 轴绝对坐标与A 点相同、X 轴绝对坐标与C 点X 轴绝对坐标的差值为k（螺纹 的总切削深度、半径值）表示为B 点。B 点的螺纹切深为0，是系统计算每一次螺纹切削深度的参考点；

螺纹切深：每一次螺纹切削循环的切削深度。每一次螺纹切削轨迹的反向延伸线与直线BC 的交点，该点与B点X 轴绝对坐标的差值（无符号、半径值）为螺纹切深。每一次粗车的螺纹切深为 $\sqrt{n}$ ×△d，n为当前的粗车循环次数，△d为第一次粗车的螺纹切深；

螺纹切削量：本次螺纹切深与上一次螺纹切深的差值： ；

退刀终点：每一次螺纹粗车循环、精车循环中螺纹切削结束后，径向（X轴）退刀的终点位置，表示为E点；

螺纹切入点：每一次螺纹粗车循环、精车循环中实际开始螺纹切削的点，表示为Bn 点（n为切削循 环次数）B1 为第一次螺纹粗车切入点，Bf 为最后一次螺纹粗车切入点，Be 为螺纹精车切入点。

X：螺纹终点X轴绝对坐标（单位：mm）；

U：螺纹终点与起点X轴绝对坐标的差值（单位：mm）； Z：螺纹终点Z轴的绝对坐标值（单位mm）；

W：螺纹终点与起点Z轴绝对坐标的差值（单位：mm）；

m：螺纹精车次数00～99（单位：次），必须输入2位数。m指令值执行后保持有效，并把系统参 数NO.057的值修改为m。未输入m时，以系统参数NO.057的值作为精车次数。螺纹精车时 沿编程螺纹轨迹切削，第一次精车切削量为d ，其后的精车切削量为0，用于消除切削时机 械应力（俗称让刀）造成的欠切，提高螺纹精度和表面质量；

r：螺纹退尾宽度00～99（单位：0.1×L，L为螺纹螺距） 必须输入2位数。r指令值执行后保持 有效，并把系统参数NO.019的值修改为r。未输入r时，以系统参数NO.019的值作为螺纹 退尾宽度。螺纹退尾功能可实现无退刀槽的螺纹加工，系统参数NO.019定义的螺纹退尾宽度 对G92指令也有效；

a：相邻两牙螺纹的夹角，取值：00、29、30、55、60、80，单位：度（°） 必须输入 2 位数。a 指令值执行后保持有效，并把系统参数NO.058的值修改为a。未输入a时，以系统参数NO.058 的值作为螺纹牙的角度。实际螺纹的角度由刀具角度决定，因此a应与刀具角度相同；

△dmin：螺纹粗车时的最小切削量（单位：0.001mm，无符号，半径 值）。当（$\sqrt{n}$ $-\sqrt{n-1}$ ）×△ d＜△dmin时，以△dmin作为本次粗车的切削量，即：本次螺纹切深为（$\sqrt{n-1}$ ×△d+△dmin）。 设置△dmin 是为了避免由于螺纹粗车切削量递减造成粗车切削量过小、粗车次数过多。Q（△ dmin）执行后，指令值△dmin 保持有效，并把系统参数 NO.059 的值修改为△dmin（单位：0.001 mm） 未输入Q（△dmin）时，以系统参数NO.059的值作为最小切削量；

d：螺纹精车的切削量，等于螺纹精车切入点Be 与最后一次螺纹粗车切入点Bf 的X轴绝对坐标的差 值（单位：mm，无符号，半径值） R（d）执行后，指令值d保持有效，并把系统参数NO.060 的值修改为d×1000（单位：0.001 mm） 未输入R（d）时，以系统参数NO.060的值作为螺 纹精车切削量；

i：螺纹锥度，螺纹起点与螺纹终点X轴绝对坐标的差值（单位：mm，半径值） 未输入i时，系统 按i=0（直螺纹）处理；

k：螺纹牙高，螺纹总切削深度（单位：0.001mm，半径值、无符号）未输入k时，系统报警；

△d：第一次螺纹切削深度（单位：0.001mm，半径值、无符号）未输入△d时，系统报警；

F：0.001～500mm，公制螺纹螺距。F 指令值执行后保持有效，加工公制螺纹可以省略输入F（I） 系统以当前保持的公制螺纹螺距作为F值；

I：0.06～25400 牙/英寸，英制螺纹每英寸的螺纹牙数。I 指令值执行后不保持，每个加工英制螺 纹的程序段都必须输入；

指令执行过程：

① 从起点快速移动到B1，螺纹切深为△d。如果a=0，仅移动X轴；如果a≠0，X轴和Z轴同时移动，移动方向与A→D的方向相同；

② 沿平行于C→D的方向螺纹切削到与D→E相交处（r≠0时有退尾过程）；

③ X 轴快速移动到E点；

④ Z 轴快速移动到A 点，单次粗车循环完成；

⑤ 再次快速移动进刀到Bn（n 为粗车次数）切深取（$\sqrt{n}\times\triangle d$） 、（$\sqrt{n}-1\times\triangle d+\triangle dmin$）中的 较大值，如果切深小于（k-d）转②执行；如果切深大于或等于（k-d）按切深（k-d）进刀到 Bf 点，转⑥执行最后一次螺纹粗车；

⑥ 沿平行于C→D的方向螺纹切削到与D→E相交处（r≠0时有退尾过程）；

⑦ X 轴快速移动到E点；

⑧ Z 轴快速移动到A 点，螺纹粗车循环完成，开始螺纹精车；

⑨ 快速移动到Be 点（螺纹切深为k、切削量为d）后，进行螺纹精车，最后返回A点，完成一次螺纹精车循环；

⑩ 如果精车循环次数小于m，转⑨进行下一次精车循环，螺纹切深仍为k，切削量为0；如果精车 循环次数等于m，G76复合螺纹加工循环结束。

G76螺纹切削注意事项：

- 机床必须安装主轴编码器才能进行螺纹切削，主轴编码器与主轴的传动比应为1：1，主轴编码器输出90° 相位差的A/B差分信号和Z相信号（转信号）定位到螺纹切入点后，系统收到主轴编码器Z信号才开始螺纹切削。
- 由于在螺纹切削的开始及结束部分X轴、Z轴有加减速过程，此时的螺距误差较大，G76指令的螺 纹退尾功能可用于加工没有退刀槽的螺纹，但仍需要在实际的螺纹起点前留出螺纹引入长度。
- 执行G76指令，螺纹切削时X轴、Z轴的进给速度由主轴转速和螺纹螺距决定，与切削进给速度倍 率无关。螺纹切削时主轴倍率控制有效，主轴转速发生变化时，由于X轴、Z轴加减速的原因会使 螺距误差增大，因此，螺纹切削时不要进行主轴转速调整，更不要停止主轴（主轴停止将导致刀 具和工件损坏）。
- 螺纹螺距指主轴转一圈长轴的位移量（X轴位移量按半径值），C点与D点Z轴坐标差的绝对值大 于X轴坐标差的绝对值（半径值，等于i的绝对值）时，Z轴为长轴；反之，X轴为长轴。
- 在螺纹切削时执行进给保持操作后，系统显示“暂停”、螺纹切削不停止，直到螺纹循环中的第 一个非螺纹切削动作执行完才停止运动、程序运行暂停。
- 单程序段运行在螺纹切削时无效，在执行完螺纹循环中的第一个非螺纹切削动作后运行暂停。
- 系统复位、急停或驱动报警时，螺纹切削立即停止。
- 系统执行含有X（U）Z（W）指令字的G76指令才进行复合螺纹加工循环，仅有G76 P（m）（r）（a）Q（△dmin） R（d）程序段不能完成复合螺纹加工循环。
- 在G76指令执行过程中，不可切换运行方式，但要再次执行G76循环时，必须返回到手动移动前的位置。如果不返回就再次执行，后面的运行轨迹将错位。

- U、W的符号决定了A→C→D→E的方向，R（i）的符号决定了C→D的方向。U、W的符号有四种组 合方式，对应四种加工轨迹。
- m、r、a用同一个指令地址P一次输入，m、r、a必须输入两位数字，即使值为0也不能省略。

示例：最后的精加工次数为2次，螺纹退尾长度为0.5倍的螺纹螺距，螺纹牙的角度为30°， 则P指令字为P020530。

示例：图3-11-15，螺纹为M68×6。

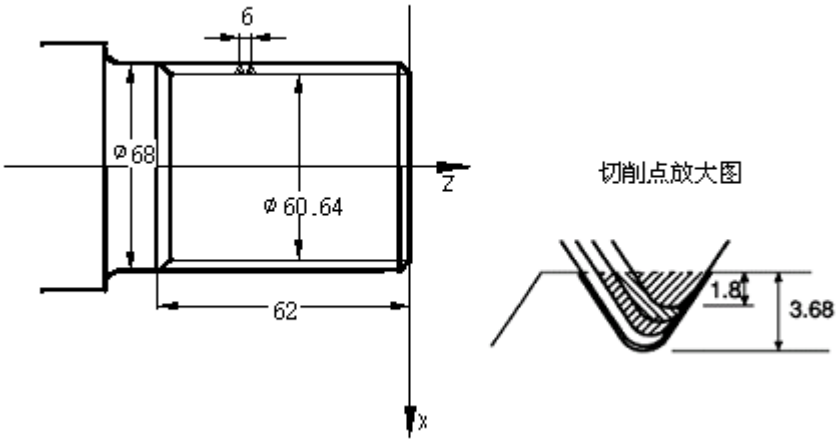


图3-11-15

```
G50 X100 Z50;（设置工件坐标系）
M3 S300;（启动主轴，指定转速）
G00 X80 Z10;（快速移动到加工起点）
G76 P011060 Q100 R0.2;（进行螺纹切削）
G76 X60.64 Z-62 P3680 Q1800 F6.0;
G00 X100 Z50;（返回程序起点）
M30(程序结束)
%
```

第 4 章 宏指令

本系统提供了类似于高级语言的宏指令，通过用户宏指令实现变量赋值、加减运算、逻辑判断及条件转 移，利于编制特殊零件的加工程序，简化了用户程序。

1.宏变量

1.1 宏变量的使用方法

宏变量可以指令程序中的指令地址值，可以通过指令给变量赋值或直接用键盘设定变量。一个程序中可 使用多个宏变量，这些宏变量用宏变量号来区别。

（1）宏变量的表示 用“#”＋宏变量号来表示。 格式：# i

（其中i =200，202，203，……）

示例：#205，#209，#1005

（2）宏变量的引用 宏变量可以置换指令值。

示例：F#213…当#213=15 时，与F15 指令功能相同；

Z#219…当#219=－250 时，与Z－250指令功能相同。

注1：指令地址O和N不能引用宏变量；

注2：如果宏变量值超过了指令值的最大范围，不能使用； 例如：当#230 = 9999.999时，M#230超过了最大指令值。

1.2宏变量的种类

根据宏变量号的大小，宏变量分为公用宏变量和系统宏变量两类。

（1）公用宏变量#200～#231

公用宏变量在所有的用户程序中是公用的。即在程序1中定义的宏变量同样适用于程序2、程序3。 本系统未规定公用宏变量的用途，用户可以自由使用。公用宏变量#200-#231的值断电不保存，电源接通时全部为“0”。

（2）系统宏变量 系统宏变量有接口输入信号#1000～#1015、接口输出信号#1100～#1107，系统宏变量的值只能为0 或1，其用途在系统中是固定的，判断或控制输入，输出点的状态。

系统读取系统宏变量#1000～#1015 的值后，便可知道接口输入信号的状态。这 16 个输入信号的值在系统内部自动赋给宏变量（#1000—#1015）与判断跳转的宏指令一起使用可作各种处理。

2.运算指令和转移指令G65

指令的一般格式：

G65 Hm P# i Q# j R# k;

其中：m：运算指令或转移指令，范围01-99。

i：存入运算结果的宏变量名。

j：进行运算的宏变量名1，可以是常数。

k：进行运算的宏变量名2，可以是常数。

指令意义：# i = #j O # k

运算符号，由Hm 指定

例：P#200 Q#201 R#202　　表示#200 = #201 0 #202;
P#200 Q#201 R1　　表示#200 = #201 0 1;
P#200 Q-100 R#202　　表示#200 = -100 0 #202;

说明：

● 宏变量值可含小数点。示例：若#200 = 10.123，则Z#200 表示此时Z 向绝对坐标为10.123毫米

●宏变量名用常数直接表示时不带“#”号。

表4-1 宏指令一览表

G 指令	H 指令地址	功能	定义
G65	H01	赋值	# i = # j
G65	H02	加法运算	# i = # j + # k
G65	H03	减法运算	# i = # j - # k
G65	H80	无条件转移	转向n
G65	H81	条件转移1	IF# j = # k，GOTO n
G65	H82	条件转移2	IF# j ≠# k，GOTO n
G65	H83	条件转移3	IF# j >＃ k，GOTO n
G65	H84	条件转移4	IF# j＜＃ k，GOTO n
G65	H85	条件转移5	IF# j ＞ =k，GOTO n
G65	H86	条件转移6	IF# j ＜ =k，GOTO n
G65	H99	产生报警	产生报警

2.1 运算命令

1）宏变量的赋值

指令格式：G65　H01　P# I　Q# J;

指令功能：# I = # J　（将# J 的值赋给# I）

示例：

G65 H01 P# 201 Q1005;　（#201 = 1005 将输入点的状态赋值给宏变量）

G65 H01 P#201 Q#210;　（#201 = #210）

G65 H01 P#201 Q-#202;　（#201 = -#202）

2）加法运算

指令格式：G65　H02　P# I　Q# J　R #K;

指令功能：# I = # J+# k

示例：G65 H02 P# 201 Q202 R15;　（#201 = #202+15）

3）减法运算

指令格式：G65　H03　P# I　Q# J　R# k;

指令功能：# I = # J — # k

示例：G65 H03 P# 201 Q#202 R#203;(#201 = #202—#203）

注1：运算中，当参加运算的Q，R没被指定时，系统判断运算格式，若格式不赋则系统报警；

注2：运算中，可以含小数部分

2.2 转移命令

1）无条件转移

指令格式：G65　H80　Pn　；　（n：程序段号）

指令功能：转向程序段号为n 的程序段

示例：G65 H80 P120;（转到N120 程序段）

2）条件转移1

指令格式：G65　H81　Pn　Q#J　R# K;　（n：程序段号）

指令功能：当# j = # k，转向程序段号为n 的程序段；当# j ≠ # k，程序顺序执行。

示例：G65 H81 P1000 Q#201 R#202;

当# 201 = #202 时，转到N1000 程序段，当#201 ≠ #202 时，程序顺序执行。

3）条件转移2

指令格式：G65　H82　Pn　Q#J　R# K;　（n：程序段号）

指令功能：当# j ≠ # k，转向程序段号为n 的程序段；当# j = # k，程序顺序执行。

示例：G65 H82 P1000 Q#201 R#202;

当# 201 ≠ #202 时，转到N1000 程序段，当#201 = #202 时，程序顺序执行。

4）条件转移3

指令格式：G65　H83　Pn　Q#J　R# K;　（n：程序段号）

指令功能：当# j > # k，转向程序段号为n 的程序段；当# j≤# k，程序顺序执行。

示例：G65 H83 P1000 Q#201 R#202;

当# 201 >202 时，转到N1000 程序段，当#201 > 02时，程序顺序执行。

5）条件转移4

指令格式：G65　H84　Pn　Q#J　R# K;　（n：程序段号）

指令功能：当# j < # k，转向程序段号为n 的程序段；当# j≥# k，程序顺序执行。

示例：G65 H84 P1000 Q#201 R#202;

当# 201 < 202 时，转到N1000 程序段，当#201 < 202 时，程序顺序执行。

6）条件转移5

指令格式：G65　H85　Pn　Q#J　R# K;　（n：程序段号）

指令功能：当# j≥# k，转向程序段号为n 的程序段；当# j < # k，程序顺序执行。

示例：G65 H85 P1000 Q#201 R#202;

当# 201 ≥ #202 时，转到N1000 程序段，当#201<= #202 时，程序顺序执行。

7）条件转移6

指令格式：G65　H86　Pn　Q#J　R# K;　（n：程序段号）

指令功能：当# j≤# k，转向程序段号为n 的程序段；当# j > # k，程序顺序执行。

示例：G65 H86 P1000 Q#201 R#202;

当# 201 ≤ #202 时，转到N1000 程序段，当#201>= #202 时，程序顺序执行。

8）发生报警

指令格式：G65 H99； 指令功能：产生报警

示例：G65 H99 ；

注:在转移指令中，先从当前程序段往下检索，若未检索到则从程序开头往下检索，若仍未检索到则产生报警。

示例：实线表示开始检索的方向，虚线表示按实线方向检梭未检索到后的检索方向

```
O0020;
N0010 G0 X0 Z0;
N0020 G1 Z30 F30;
N0030 G1 X50;
N0040 G65 H80 P10;
N0050 G0 X100Z200;
N0010 G2 X10 Z10 R50 F20;
N0070 M30;
%
```

执行“G65 H80 P10;”程序段后，系统执行“G2 X10 Z10 R50 F20;”

2.3 关于用户宏指令编程的注意事项

1）在指令地址G、X、Z、U、W、R、I、K、F、H、M、S、T、P、Q 的后面按

键,“#”便被输入；

2）在MDI 状态，也可指令运算、转移命令。除G65 能输入并能显示外，其它指令地址数据只能输入， 不能显示；

3）运算、转移命令的指令地址H、P、Q、R 必须写在G65 之后；

示例：N100 H02 G65 P#200 Q#201 R#202； （错误）

N100 G65 H01 P#200 Q10； （正确）

4）宏变量值在-9999.999—9999.999，超过上述范围时，系统报警

5）宏变量值采用浮点数运算；

2.4 宏指令编程示例

例：利用用户自定义指令M50 实现自动送料。

系统提供自定义指令M50～M59，执行此M代码时系统自动调用子程序O9050～O9059一次。

主程序

```
O0001; （主程序名）
N10 G50 X100 Z100; （设定工件坐标系）
N20 G00 U50 F100; （快速定位）
N30 G01 U0.8; （送料）
N40 M50; （自定义M50指令，调用O9050子程序）
N50 G0 X100 Z100; （送料结束，回程序零点）
N60 G65 H80 P30; （反复执行主程序，自动送料）
```

子程序（自定义M50）

```
O9050; （子程序名）
N10 G65 H01P#1104 Q1; （#1104=1，输出送料信号指示）
G65 H82 P20 Q#1004 R1; （当#1004=1时，执行下程序段，#1004=0时执行N20程序段）
G65 H01 P#1100 Q0; （#1100=0，取消送料信号指示）
N20 M99; （返回主程序N30程序段）
```